

二十世纪重大发现与发明

天文卷

Great inventions and discovers in the 20th century

星星的秘密

倾听宇宙的"心跳"

恒星的诞生与成长

将太阳"请"出银河系中心

射电天文学四大发现

在火星上寻找生命

在太空安家

外星人会侵略我们吗

吴燕 编著



宁波出版社

二十世纪重大发现与发明
Great inventions and discovers in the 20th century

天文卷

星星的秘密

吴燕 编著

倾听宇宙的“心跳”
恒星的诞生与成长
将太阳“请”出银河系中心
射电天文学四大发现
在火星上寻找生命
在太空安家
外星人会侵略我们吗

宁波出版社

图书在版编目(CIP)数据

20世纪重大发现与发明:天文卷/吴燕编著. —宁波:宁波出版社,2001.4

ISBN 7-80602-391-7

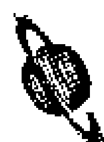
Ⅰ.2... Ⅱ.吴... Ⅲ.创造发明-世界-现代
Ⅳ.N19.

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第59360号

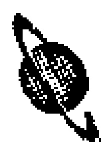
书　　名:星星的秘密
　　　　　20世纪重大发现与发明·天文卷
作　　者:吴　燕　编著
丛书策划:徐　飞
本书组稿:常敏毅
责任编辑:徐　飞
封面设计:上海明工作室
出版发行:宁波出版社
　　　　　(宁波市苍水街79号　315000)
电　　话:0574-7287007　7341015
印　　刷:浙江上虞印刷厂
开　　本:850×1168毫米　1/32
印　　张:8.5
字　　数:213千
版　　次:2001年4月第1版　2001年4月第1次印刷
印　　数:1~5000册
书　　号:ISBN-80602-391-7/N·3
定　　价:(全套)67.50元　(本册)14.00元

目　　录

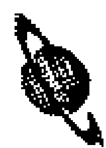










第一章　欲善其事，先利其器

公元17世纪初，荷兰人李普希利用凹镜和凸镜制作了第一架望远镜，据说这项发明是制作它的人在无意间搞出来的，在这之后，他将他的作品献给了荷兰政府，结果这使他得到了政府的奖赏。也许在一般人看来，这件发明尽管十分新鲜，但也不过当作趣谈听听，充其量亲眼看一看满足一下好奇心也就罢了，然而一名意大利人在得知这项发明后却深受启发。在经过苦思冥想之后，他用一块平凹透镜和一块平凸透镜终于也制成了一架能放大3倍的望远镜。但这并没有使他感到满足，他不断思考、不断改进，最终完成了一架口径4.4厘米、放大率为33倍的望远镜。这就是世界第一架天文望远镜的诞生过程，此时是公元1609年，制造出这架天文望远镜的意大利人名叫伽利略。

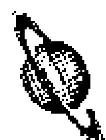
对于人类来说，浩瀚星空永远是充满诱惑的，因为那里有着似乎永远也解不完的谜。但是如果仅仅凭借肉眼观察星空，能够看到的也不过就是目力所及的那一小片天空。从这种意义上来说，伽利略的发明无疑是为天文观测开启了一扇新的窗口。但天文望远镜的出现还仅仅是一个开端，此后的人们在自然界的启发下，不断开发出新的探测方法和工具，30年代射电天文学诞生、60年代空间天文学问世……人们正越来越多地借助这些工具去探索自己感兴趣的神秘领域。当时间进入20世纪，天文学的几乎每一次重大进展都是与观测手段的先进相伴而来的，这倒正应了中国的一句古话："工欲善其事，必先利其器"。

一、借一双慧眼望星空

天文望远镜是人类借助外部力量开启的第一扇天文学研究新窗口。从伽利略的4.4厘米口径折射望远镜，到20世纪70年代的600厘米反射望远镜，再到后来八九十年代的太空望远镜，天文望远镜一次又一次地将更加清晰的世界呈现在我们眼前。

伽利略的望远镜属于折射望远镜，它的物镜是透镜，光线经折射成像，然后由目镜放大送到观测者眼前。不同颜色的光波长不同，因此玻璃对于它们的折射率也就不同，所以用这样的望远镜看星星，物像周围往往会被镶上彩色的"花边"，它看上去五彩斑斓，但却是天文学家们所不愿见到的。这种被称作"色差"的缺陷严重影响着折射望远镜的成像质量，人们想出各种办法对其进行改造，不久便发现如果能将不同波长的光聚焦在远离透镜的地方，就能较为有效地克服这个缺点。于是人们开始在折射望远镜的焦距上大做文章，焦距越来越长的望远镜不断问世：30米、46米、64米……更有甚者干脆将望远镜的镜筒舍弃不要，而把主透镜绑在杆子的一端，人坐在透镜下面手持目镜观察天空。这样的做法在今天看来是不是挺酷的？但在天文望远镜发展的早期，这样做其实只是为了更好地审视我们周围的世界。

就在折射望远镜的脖子越伸越长的同时，有一群人却在思考着另一个问题。此时的人们已发现，弯曲的表面对不同颜色的光线是以同样的方式反射的。英国科学家牛顿想到，这一特性可以根本消除色差，于是反射望远镜的设想诞生了。根据这一思想，牛顿于1668年制成了第一架反射望远镜。在他之前英国数学家格雷戈里也曾提出过一种反射望远镜的设计方案。



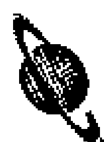
在18和19世纪，反射望远镜不断做出重大天文发现，到了20世纪上半叶更是大出风头。随着反射望远镜越做越大，人类的视野也在不断拓展。在这一过程中，有一位来自美国的天文学家功不可没。他叫海尔（1868～1938），在天文学领域多项开创性工作为他赢得了广泛的国际声誉，而他最引人注目之处在于，他不仅执著于自己所追求的目标，而且十分懂得如何将好的想法付诸实施。

海尔



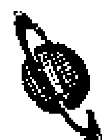
G·E·海尔1868年6月29日出生在美国伊利诺伊州芝加哥，他的父亲是当时一位非常出色的技师。在父亲的影响下，海尔不仅自幼爱好动手制作，而且这方面的才华不久便崭露出来。20岁那年，海尔在父亲的支持下，建立了一个太阳光谱实验室，主要设备是一架由焦距为10英尺的罗兰凹光栅制成的光谱仪。4年后，已是芝加哥大学天体物理学副教授的海尔希望建造一架大型





折射望远镜，但却苦于资金的匮乏。不过这难不倒他。他的执著令他最终说服了当时一位名叫叶凯士的金融家，后者陆续拿出了总数达34.9万美元的巨款。利用这笔巨额资金，海尔建造了叶凯士天文台，由当时著名的光学制造家小克拉克磨制了一块口径为102厘米的透镜。1897年5月21日，这架巨型折射望远镜正式启用。时至今日，它依然是世界上最大的折射望远镜。

1903年，海尔从卡内基基金会得到一笔赠款，他用它在威尔逊山建设了152厘米的反射望远镜。这已是当时性能最好的一台反射望远镜，但海尔并不因此而满足，他渴望做得更好、看得更远。1906年，他说服了一位名叫胡克的商人投资45000美元，建造一架口径更大的反射望远镜。要使这一设想付诸实施，必须得到一块重约5000千克、质量优良的玻璃。这一工程无疑是巨大的，所以几经周折，海尔他们才终于找到一家愿意承担这一重任的法国玻璃厂。但当第一块玻璃镜坯运抵之后没几年，第一次世界大战爆发了，战争使镜片的磨制工作大大延误。直到1917年11月，这架口径达254厘米的望远镜才终于投入使用，它被冠名为“胡克望远镜”。这已是当时最大的望远镜了，但海尔追求着更高的目标：在最初的时候，他想要做一台口径762厘米的巨型望远镜，但几经思考，他将口径定为508厘米，他认为这一尺寸会更切实可行。有了好的想法以后，海尔又开始了他的筹资工作。这一回他的执著以及他出色的口才再次发挥了作用，他从洛克菲勒财团筹到了600万美元。在为这架望远镜选址时出了一点问题。刚开始，他想把新望远镜建在威尔逊山，然而伴随着城市的发展，此时的威尔逊山已经失去了往日的宁静，曾经灿烂的星空被夜晚的灯光所淹没。不过在威尔逊山东南约145千米的帕洛玛山，海尔终于找到了较为理想的地址。1928年，建造工作开始了。遗憾的是，在这

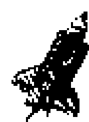


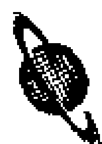
座海尔倾注了大量心血的天文台尚未建成之时，这位执著的科学家便离开了人世；但幸运的是，另一位意志坚定的天文学家成了他的继任者。艾拉·S·包文时任威尔逊山天文台和帕洛玛山天文台台长，他追求完美的境界，所以他对天文台的建设可谓严格要求、一丝不苟。1948年6月3日，这座性能优越的装置终于正式交付使用了。它能拍摄23等的暗星，这相当于看到3千米之外的一支蜡烛的亮度，探测距离我们远达20亿光年的天体，而这些是胡克望远镜所不具备的。为了纪念海尔的卓越贡献，这架望远镜被命名为"海尔反射望远镜"。帕洛玛山天文台还在门厅中央树立了海尔的半身塑像，铜牌上这样写道："这架200英寸望远镜以乔治·埃勒里·海尔命名，他的远见卓识和亲自领导使之变成了现实。"1969年12月，威尔逊山天文台和帕洛玛山天文台合并，更名为海尔天文台。

1976年，安装在高加索泽连丘克斯卡亚的6米口径反射望远镜正式投入观测，它在大小上第一次超过了海尔望远镜，然而就性能而言，它却不得不甘拜下风。

施密特望远镜

在你追我赶中，折射望远镜和反射望远镜都几乎达到了各自的极致。尽管这场竞争似乎是以反射望远镜获胜而告终，但在事实上，二者其实各有所长也各有所短。至少在视场（当我们通过望远镜观察天空，我们所能看到的那片天空的直径就叫做"视场"）方面，反射望远镜有着其与生俱来的弱点：在靠近望远镜视场中心的区域，它可以观测极其暗弱的天体，而一旦出了这个范围，被观测的天体就会拖上一条背离中心的小尾巴，这使它们看起来很像彗星，因此这被称作"彗差"；更为严重的是，反射望远镜越大，





它每次能高精度观察的天空范围就越小。

既然二者各有千秋，那么能否取二者之所长、补对方之所短呢？20 世纪 30 年代，这一想法通过折反射望远镜的诞生而实现了。创造这项发明的是德国光学家伯恩哈德·福尔马多·施密特（1879～1935）。与海尔一样，这也是一位对动手实验有着浓厚兴趣的科学家，他曾用火药和钢管进行爆炸实验，结果实验取得了成功，但施密特的右手却因这次的成功而永远地失去了。

施密特设计的折反射望远镜将折射镜和反射镜巧妙地结合在一起，它的主镜是一个球面反射镜，当光线通过这种反射镜时，通过透镜中心的近轴光线和通过透镜周围的光线却不能集中于同一焦点，这被称为“球差”。它给观测带来的影响更为严重，但施密特自有克服它的办法。他在主镜前安装了一个改正透镜，这个透镜的形状有些特别，中心最厚而边缘较薄，最薄的地方是在中心与边缘之间，光线在经过这块改正透镜折射后恰好可以补偿反射镜引起的球差，而它本身也不会产生色差和彗差。这种折反射望远镜可以在天空中更广阔的视场里拍出质量很高的天体照片，从而增大了大型反射望远镜的功能。特别是在做巡天工作时，它所拍摄的单张照片和所包含的星象多达 100 万颗以及 10 万个星系，这是大型反射望远镜所望尘莫及的。为了纪念施密特的贡献，人们把这种折反射望远镜称为“施密特望远镜”（或“施密特照相机”）。

继施密特望远镜于 1930 年问世以后，1940 年，苏联光学家马克苏托夫（1896～1964）发明了另一种折反射望远镜。这种被称为“马克苏托夫望远镜”的仪器与施密特望远镜有相似的地方，它由一个凹球面反射镜及一块改正透镜构成，所不同的是，它所装备的改正透镜呈现弯月形，所以这一系统有时也被称为“弯月镜系统”。





太空望远镜

观测手段的更新与20世纪的天文学重大发现共同成长起来，天文望远镜越做越精致，人们看到的世界也越来越远，不过由于地球大气层的阻隔，再好的望远镜也不能完全充分地发挥作用，于是就有了太空望远镜的设想，于是也就有了以后哈勃望远镜传回来的那些精美图片。

哈勃号太空望远镜是美国国家航空航天局（NASA）送入太空的第一个大型空间天文台，它于1990年升空。尽管在以后的日子里，它的故障曾令世界天文学界关注，但毫无疑问的是，它的卓越性能依然是其它地面天文望远镜所无法匹敌的。哈勃太空望远镜由光学部分、科学仪器及辅助设备三大部分组成，其中光学部分是整个望远镜的心脏，承担这项工作的珀金·埃尔墨公司花了四百万个工时才将它磨制好。它采用卡塞格伦式反射系统（卡塞格伦望远镜是法国人卡塞格伦于1672年发明的，这是一种由两块反射镜组成的反射望远镜），由两个双曲面反射镜组成，主镜口径为2.4米，装在主镜前约4.5米处的副镜口径为0.3米。投射到主镜上的光线首先反射到副镜上，然后再由副镜射向主镜的中心孔，穿过中心孔到达主镜的焦平面上形成高质量的图像，经各种科学仪器进行精密处理后，得出的数据通过中继卫星系统发回地面。主镜和副镜均采用热膨胀系数极低的特殊玻璃，从而使望远镜在太空工作时能够保持稳定。

哈勃望远镜从事观测工作的地点被定在距地面500千米的太空。在这里，它不仅可以避免不利天气的影响，而且还摆脱了地球大气的干扰，因此它可以将它的工作性能发挥到尽可能好的地步。“地位”的悬殊使它的观测能力比之地面天文望远镜无疑要更

胜一筹了。我们已经知道，目前观测性能最棒的地面天文望远镜是安装在美国帕洛玛山天文台的508厘米口径海尔望远镜，它可以拍摄23等暗星，相当于在3千米之外看到一支蜡烛的亮度，而口径不足海尔一半的哈勃望远镜则可以在500千米之外看到同一亮度，用更准确的语言来说就是它可以探测28～29等的暗星。哈勃望远镜可以探测140亿光年之远的天体，这个距离是海尔望远镜的7倍，而它所能探测到的宇宙空间则是海尔望远镜的350倍。除了光学部分之外，安装在主镜焦平面上的一组八台科学仪器，使它可以观测到从紫外到红外整个光谱区不同波长的辐射，这也是地面观测根本无法达到的。

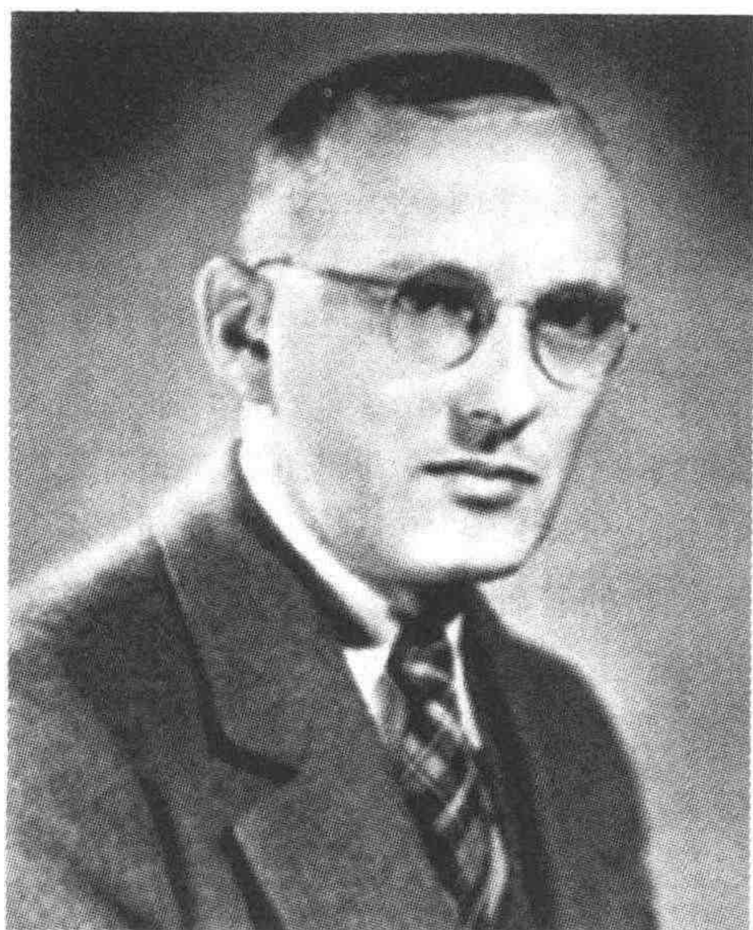
耗资高达30亿美元的哈勃望远镜尽管功能强大，但却“体弱多病”，在2000年的新年前夕它又一次因为用于定位的陀螺仪严重损坏而休起了病假。1999年12月，美国“发现”号航天飞机升空为“哈勃”替换下4个失效的陀螺仪，并进行其它一些维护。美国宇航局官员说，修复后的哈勃望远镜的工作状态比以往任何时候都好。

二、倾听宇宙的“心跳”

你一定见过雷达。它们日夜不停地发射无线电波，当这些无线电波碰到物体，其中的一小部分就会被反射回来并被雷达天线接收到。分析这些回波信号就可以了解物体的远近、高低以及方向。射电望远镜的工作则是接收并分析宇宙间那些射电源所发出的无线电波，其中有些射电源是光学上不可见的。也就是说，你看不见它们却能听到它们的“心跳”。怎么样，够棒的吧。下面我们要讲的就是射电天文学诞生与发展的故事。



来自太空的"咝咝"声



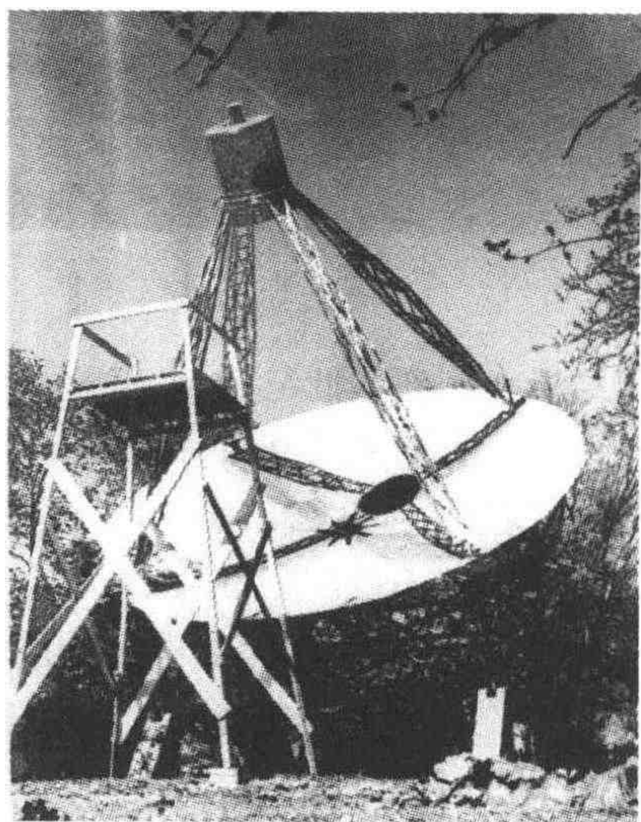
央斯基

19世纪末，无线电波被发现后，美国发明家爱迪生（1847～1931）和物理学家奥利弗·约瑟夫·洛奇（1851～1940）就猜想可能有来自太阳的无线电波。为了证实爱迪生和洛奇的想法，法国人诺德曼曾尝试在高山上测量太阳射电，由于那里的天气十分寒冷，他的观测仅仅持续了一天便匆匆收场，再加上那年正赶上太阳活动的最小年，所以这次尝试没有取得任何结果。直到本世纪30年代，人类才第一次捕捉到来自太空的无线电波。有意思的是，它的发现者不是天文学家，而是一位美国无线电工程师，他的名字叫卡尔·古特·央斯基（1905～1950）。

央斯基1905年10月22日生于俄克拉荷马州的诺曼。1928年，他从威斯康星州大学毕业后，来到位于新泽西州荷尔姆德尔的贝尔实验室工作。当时，贝尔电话公司刚刚安装了横跨大西洋的短波无线电通信线路，央斯基的任务就是研究短波通信中的各项干扰因素。为此，他建造了专门的天线和接收器，工作波长是14.6



米。这架装置从外观上看很像一个飞机翅膀的骨架，央斯基把它称为"旋转木马"。1931～1932 年，央斯基利用这架"旋转木马"发现了三种天电噪声：一种来自于附近的雷暴声；另一种来自远处的闪电和雷雨；第三种则是来历不明的稳定的"嘶嘶"声，并发现它的方向似乎和太阳有关。干扰通信的因素既已查明，央斯基的工作也就该告一段落了，但他却并不愿就此罢手，这种来历不明的"嘶嘶"型噪声引起了央斯基的极大兴趣。他继续积累资料并加以研究，结果发现这种电波并不完全同太阳运动一致，而是每天都要提前 4 分钟。这是怎么回事呢？在与一位朋友的交往中，央斯基受到了启发。斯盖莱特也是贝尔实验室的无线电工程师，从他那儿，央斯基学到了一些天文学的基础知识，尤其是了解到恒星时的周期比太阳时的周期要短四分钟。央斯基于是敏感地意识到，"嘶嘶"型电波可能是随恒星时变化的，来自于太阳系以外的某个固定点。经过一年的监测，央斯基肯定了自己的推测。1932 年、1933 年和 1935 年，他先后三次在《无线电工程师研究会报》上发表论文报告了自己的研究进展，在 1935 年的论文中他明确指出，当他的天线阵指向银心方向时，便接收到最强的天电噪声。

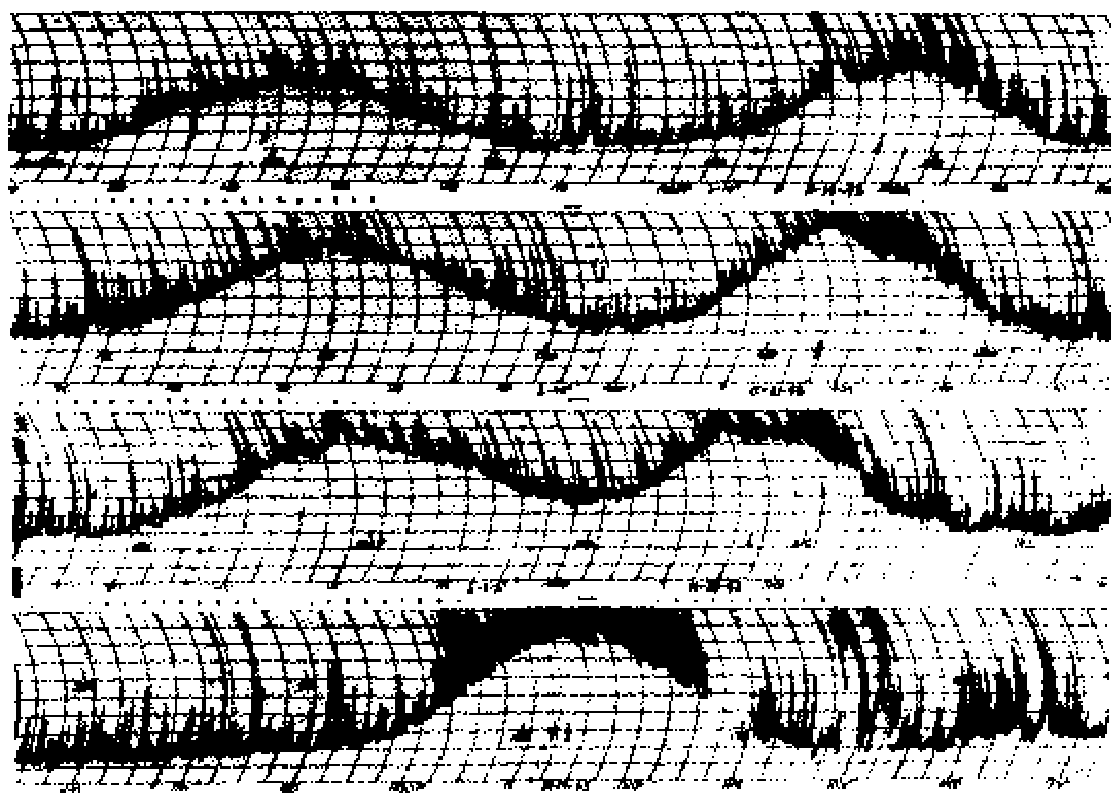


雷伯在伊利诺斯州惠顿的家中后院建造的第一架射电望远镜

就这样，人类第一次捕捉到了来自太空的无线电



波,但这一发现并未引起天文学家们的重视,倒是另一位爱好天文的无线电工程师格罗特·雷伯（1911～　）对此产生了浓厚的兴趣。1911年12月22日生于伊利诺斯州的雷伯，从儿童时代起就是一名无线电爱好者,他曾做过一些大功率的无线电发报机,与其他国家的无线电迷们进行通讯联系。1932年，当央斯基首次宣布他的重要发现后,雷伯就开始了射电望远镜的试制工作。1937年，在村里一名铁匠的帮助下，他在自己家的后院建造了一个口径为9.45米的抛物面天线，在距离抛物面6.1米的焦点处，放置了一对锥状的小接收天线,这就是第一台经典式射电望远镜。利用它，雷伯于1939年从银河系的中心方向——人马座发现了波长不到2米的电波，此外还发现从银河系内其他方向（如仙后座、天鹅座等)也有同样的电波发射出来,只不过它们的强度不同而已。1944

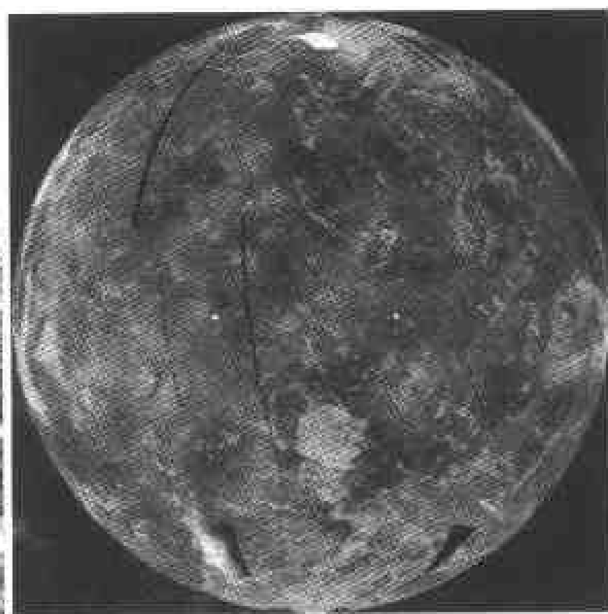


雷伯于1944年发表在《天体物理学杂志》上的题为《宇宙天电》的论文中的一幅图表

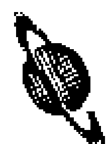


年，他用1.87米波长绘出了第一幅“射电天图”。对于雷伯的工作，他的母亲似乎并不怎么支持。据说有一次她曾抱怨儿子的射电望远镜那么笨重地高耸在他们的房屋之上，她说它是“一件极其讨厌的东西，妨碍了晾挂衣服”。


阿雷西博射电天文台


金星雷达图

目前世界上最大的射电望远镜安装在波多黎各阿雷西博附近的一个天然盆地中。它是美国国立天文台和电离层研究中心的主要研究设施，建于1963年。这座望远镜是固定在地面上的，利用地球的转动改变指向。其抛物面反射镜口径为305米。它不仅同其它射电望远镜一样能接收到其它天体发出的射电信号，而且由于配备了雷达系统，它还可以兼作雷达之用，绘制天体的雷达图。金星由于被浓密的大气包围，光学方法根本无法了解它的本来面目，但用阿雷西博望远镜绘制的金星雷达图却可以分辨出金星上100米的高度。除此之外，这座望远镜还参与了人类寻



找地外文明的行动。虽然最终的结果目前尚未得到，但它的出色工作却是有目共睹的。

太阳射电

无线电工程师醉心于嗞嗞声谱成的美妙音乐之中，却几乎没有意识到身外的世界正在经历着一场劫难。第二次世界大战的硝烟使射电天文学的研究陷于停滞状态，天文学家们无暇对此作更深入系统的研究。然而令人意想不到的是，战争对这一领域也发生了有利的影响。1942 年 2 月，英国发现所有波长 4～6 米的雷达都受到干扰。军方猜想可能是德国使用了干扰雷达接收能力的某种新式秘密武器，因此十分恐慌。英国政府于是指定由 J·斯坦利·海伊领导的小组进行调查。经过多次研究，海伊小组发现，每当雷达对准太阳，这种干扰就会产生，而且当太阳上出现黑子、耀斑时，干扰就更为强烈。这一结果意味着，太阳在时时刻刻发射着无线电波。同一年，美国物理学家索思沃思利用雷达设备也探测到了来自太阳的无线电波。

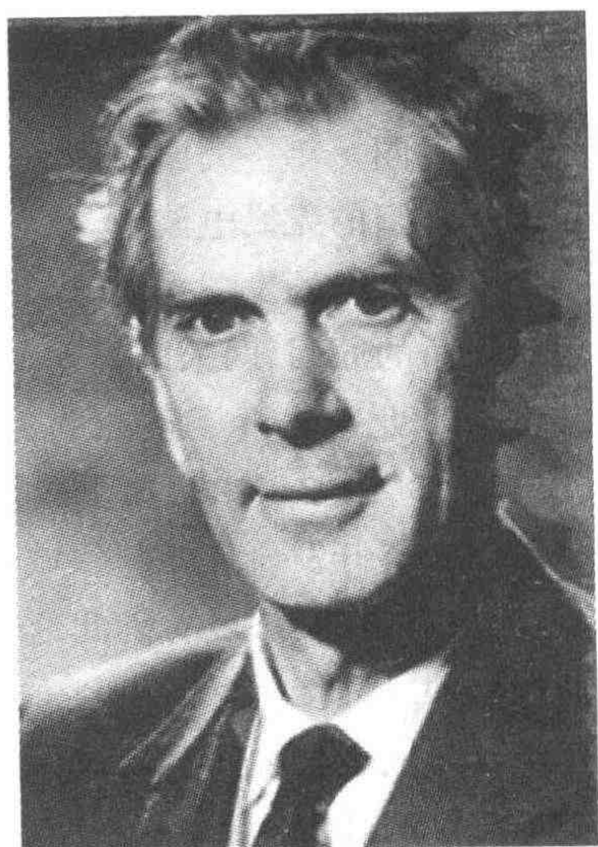
太阳射电的发现是射电天文学发展进程中的一件大事，但是由于战争的原因，两人的发现在当时都处于保密状态。战后，一位知情者把此事告诉了正在剑桥大学卡文迪什实验室从事研究工作的赖尔（1918～1984），并建议他开展太阳射电方面的研究。这是一个尚待开发研究的新领域，当时许多知名科学家对太阳是个强射电源持怀疑态度，因此这个建议一经提出，渴望挑战性工作的赖尔便立即接受了。为此，他还发明了一种无线电干涉仪。1946 年 7 月日面上的大黑子使这台仪器派上了大用场，测量的结果证实了海伊的发现。





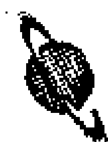
赖尔与综合孔径

说到赖尔，这是一位对射电天文学的发展产生过重要影响的科学家，他的开创性的工作使他赢得了1974年的诺贝尔物理学奖。而事实上，他在这一领域的才华早在他正式踏入射电天文学研究生涯之前便已经显露出来。那是在1944年6月，第二次世界大战后期，美英盟军在法国诺曼底登陆，开辟第二战场。英国空军部电讯研究所的一群科学家以一种特殊的方式参加了这次行动，他们利用一种可以模拟舰队的回波雷达信号的装置向德军发送了假信号。德军主力由于无法了解战场上的真实情况，因此未能及时向诺曼底增派援兵，从而为盟军登陆争取了时间。事实证明，这一做法是十分有效的。这种新装置的设计者是赖尔。



赖尔

1918年9月27日，赖尔出生在英国南部城市布赖顿。他的父亲当时是皇家陆军卫生队的少校，后来成为一位知名的医学教授。赖尔关于科学的理想正是在父亲的影响下形成的。少年时代的赖尔没有表现出对天文的特殊爱好。他的祖父是一名天文爱好者，曾有一架3.5英寸的折射望远镜，但不许赖尔使用。不过，这并没有影响赖尔对科学的兴趣。那时的赖尔喜欢独立思考，并且自己动手搞一些制作，这种爱动手也爱动脑的习惯跟



随了赖尔一生，并对他日后的事业产生了很大影响。1936 年，赖尔进入牛津大学基督教会学院学习物理，1939 年毕业时，他的主考人是剑桥大学卡文迪什实验室电离层研究的负责人拉特克列夫。赖尔一生中所经历的重大转折，至少有两次是受到此人的影响。这一次，赖尔的才华使拉特克列夫决定将他招到卡文迪什实验室的电离层无线电研究小组。在那里，赖尔第一次接触到雷达天线的工作，这为他日后从事射电天文学研究拉开了序幕。另一次影响则是在二战后：那位建议赖尔开展太阳射电研究的“知情者”就是拉特克列夫。

1939 年 9 月，也就是赖尔毕业这一年的秋天，第二次世界大战爆发了。次年 5 月，赖尔应征入伍，来到空军部电讯研究所工作。此时，在远离硝烟的大西洋彼岸，一位名叫雷伯的美国电信工程师已经用自己研制的第一台射电望远镜接收到了来自银河系中心方向的电波。然而，动荡的年代、无序的世界，这一切都使科学家们无法对这门诞生不久的学科进行深入系统的研究。在战争的巨大压力下，赖尔和他的同事们从事着战时防御和进攻的先进电子设备的研制。

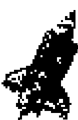
在度过 6 年军队生活之后，赖尔于 1945 年 10 月回到了卡文迪什实验室。赖尔作为一位射电天文学家的研究工作开始了。

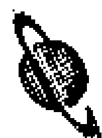
自从 1937 年第一架射电望远镜问世后，随着技术手段的发展，观测水平也不断提高。但是无论望远镜怎样变化，如果仅仅将它作为单个的个体来使用的话，其分辨率都不会太高。于是有人就设想可以将两架望远镜配合使用，两架望远镜之间分开一定的距离，从不同角度观察同一个射电源，由于两组波的干涉作用，分辨率将会大大提高，相当于口径为两架望远镜之间距离的单架望远镜的分辨率。1951 年，澳大利亚天文学家克里斯蒂森（1913 ~ ）



发明了第一架射电干涉仪——栅形多天线射电干涉仪。同一年，英国射电天文学家史密斯用射电干涉的方法精密测量了天鹅座A在天球上的位置，这为以后的光学证认创造了条件。1954年，美国天文学家巴德（1893～1960）和闵可夫斯基（1895～1976）利用海尔望远镜辨认出它的光学对应体，此时人们才发现，原来，天鹅座A并不是银河系的一颗恒星，而是远离我们达5.5万光年的一个强射电星系。这是第一个被证认的射电星系，在当时曾轰动了整个天文学界。同时，这一成果也使赖尔确定了下一步的研究目标：发展更高分辨率和灵敏度的射电望远镜，以探测更遥远的宇宙空间。

探索更遥远的世界，更清楚地描绘宇宙的模样，这是人类永不会终止的梦想，然而在无线电波段上要获得高分辨率却并不容易，因为要获得高分辨率，就需要大孔径支持，而这在工程上很难做到。如何解决这一难题呢？这是赖尔一直在思考的问题。根据长期的干涉仪测量的实践，赖尔提出了“综合孔径”的设想，这是一种由两架射电望远镜组成的双天线干涉仪。至于这两架望远镜安放的位置，我们不妨来想像一个巨大的围棋盘，其中一架望远镜固定在这个棋盘的中央，而另一架望远镜则逐格移动，直到占满整个棋盘。这架移动望远镜每移动一格都会与固定天线获得一个对应的射电干涉信号。将这些信号输入计算机进行处理，就可以得到天空射电亮度的二维分布，其分辨率相应于综合得到的大孔径的尺寸。由于绝大多数射电源在一定的时间内亮度分布是不变的，因此这种组合观测必须长期坚持方能取得有意义的结果。为了缩短观测周期，赖尔将地球自转巧妙地应用到了干涉技术中，它所依据的事实是地球自转能够改变多个不同间距的双天线的基线排列。这种方法称为地球自转综合孔径法或超综合法。





赖尔的综合孔径设想在1954年首次变成现实：这一年，布莱恩根据赖尔的思路建造了第一台综合孔径射电望远镜。60年代初，在计算机进入剑桥大学之后，赖尔和他的同事内维尔开展了地球自转综合孔径法的试验工作，结果获得了成功，分辨率和灵敏度都大大提高。此后的剑桥相继建成了多架超综合法射电望远镜，其中一些分辨率已超过世界上最大的光学望远镜。70年代以后，英、美、荷、中、印等国也发展起了各自的超综合法射电望远镜。目前最大的超综合孔径射电望远镜是美国国立射电天文台设在新墨西哥州的"Y"字形甚大天线阵系统，它由27面直径为25米的天线组成，它在厘米波段的最高分辨率可以达到角秒的量级，成像时间则只需8小时。

三、探测宇宙的新波段

20世纪40年代以前，人类还只能通过光学和射电方法去开展天文学研究。虽然早在19世纪，人类就已了解了电磁辐射的跨度，但太多的原因使人们无法去探测天体所发出的除可见光和无线电波之外的大部分电磁辐射。

现在我们已经知道了地球周围有一层厚厚的大气层，由于它的反射和吸收作用，生活在地球上的人类不会因为过量的紫外辐射而受到伤害；当然，它还能够保护我们免遭流星、粒子辐射等的袭击。不过也正是因为有了这层厚厚的外衣，地球上的人无法对其它天体发出的X射线、γ射线以及大部分的红外辐射和紫外辐射进行更深入的研究。在人们尚不知道如何有效地保护地球和自己之前，将大气层捅个大洞显然是十分危险的，要在全波段上研





究天体、探测宇宙，最可行的办法便是冲出大气层去接收这些特定波段的电磁信号。探空火箭、高空气球乃至后来的人造卫星在本世纪的问世，为人类从事此项研究提供了一双有力的翅膀。从此，空间天文学开始了。

红外天文学

早在1800年，德国人威廉·赫歇尔就发现了太阳的红外辐射，不过由于它大部分被大气吸收了，而且在当时也没有合适的仪器，所以对天体的红外辐射的探测进展十分缓慢。这种局面持续了长达150多年，直到第二次世界大战之后，红外天文学才开始走出困境。

红外线波长在0.7～1000微米之间，是衔接可见光和无线电的波段。绝对温度四千度以下的天体主要发射红外波，但这些天体都包括什么呢？恒星的演化始终是令天文学家们感兴趣的话题，这些与人类关系最为密切的天体是如何诞生，又是如何走向终点的，这是许多天文学家孜孜以求的研究目标。可偏偏在两个最重要的环节上却遇到了难题：刚刚诞生的恒星如同降生不久的婴儿，它还没有热到能发光的程度；而处于死亡边缘的晚期恒星则像弥留之际的老人，由于核燃料已经熄灭，它们的温度会降至很低。这两类恒星是光学和射电望远镜所无法观测的，但红外天文观测却在这里找到了施展的天地。

银河系中心附近分布的大量气体和尘埃挡住了可见光，因此尽管如今的光学望远镜越做越大，想要看清银河系中心的真面目却是难上加难，但红外天文观测却使事情变得简单：银河系中心是很强的红外源，当它越过尘埃的阻隔而被红外探测仪器接收到的时候，人们便可以借助这些信息去了解更多有关银河系中心的

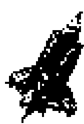


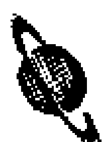
知识。

太阳系中的行星、卫星、彗星等天体靠反射太阳光而发出亮光，而它们本身并不发光，不过它们在红外波段都有自己的辐射；在银河系之外，类星体以及许多星系的星系核能够强烈地发射红外线，这些都是红外观测大显身手的领域。不仅如此，红外波段观测的全天候工作状态也很合惜时如金的科学家们的脾气。

1965年，美国加州理工学院的诺伊吉保尔和莱顿建造了一架口径1.5米的红外望远镜，利用这架仪器，两位科学家在地面上展开了首次红外巡天。天体的红外辐射十分微弱，为使天体的红外辐射不致被仪器和天空背景的强红外辐射所淹没，采用大口径、强聚光本领的光学反射望远镜无疑是必要的。与此同时，两位科学家还对望远镜和辅助设备采取了致冷措施，这样可以大大减少仪器的红外辐射。另外，他们还采用了红外调制技术，也就是让望远镜副镜以每秒一二十次的频率摆动，使天体在望远镜中时隐时现，这样可以将天体的红外辐射由直流信号变成交流信号，从而与天空背景的红外辐射相分离。四年探测工作的成果是一份包括5600个红外源的红外天体表，这些被发现的红外源大多是晚型巨星。

人类首次地面红外观测的成绩看来还不错，不过如果将红外探测的眼睛伸出大气层，人们将会看到更多。于是在1964年，一只名叫约翰霍普金斯的吊篮随高空气球悠悠飞离地球，它所装备的口径30厘米红外望远镜和近红外分光光度计测量了金星1.7~3.4微米的红外光谱；1969年，一架装有口径30厘米望远镜的高空飞机在40~50微米工作波长处探测到银心发出的强红外辐射，证实银心有一个强红外源；同一年，美国天文学家霍大曼首次成功地进行了远红外天文球载观测，他放出的高空气球上也

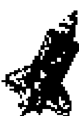




是一架口径30厘米的红外望远镜,结果在波长100微米处探测到近百个红外源。英国、法国、苏联、日本等国也纷纷放出了各自的气球、飞机和火箭,天空变得热闹起来。

在空间红外探测迅猛发展的20世纪60年代，有三类红外天体的发现尤为引人注目：1965年，诺伊吉保尔、马尔茨和莱顿在天鹅座和金牛座中发现了一种被浓密壳层包围的晚型星，壳层厚达数万个太阳半径，而温度仅为600K，在2.2微米处有很强的红外辐射，它被命名为NML天体；1966年，贝克林和诺伊吉保尔在猎户座中发现一种据推测是处于收缩阶段的早期恒星的天体，它的温度约为700K,它被命名为BN天体;1967年,克兰曼和洛在猎户座中发现一种温度仅为70K的红外展源，科学家们认为它很可能是正在收缩为恒星的红外星云,它被命名为KL源。现在你也许注意到了这三类红外天体的名字都取自它们发现者姓氏的第一个字母,这无疑是对这些发现者的一种褒奖。

空间红外探测可以完全摆脱地球大气对红外辐射的吸收，避免大气本身在红外波段的强烈噪声，因此能够获得更为理想的探测效果，但它的难点在于如何使整套探测系统长时间冷却在液氦温度。美国、荷兰和英国联手攻关，用了15年时间终于将难题化解。1983年1月25日,第一颗红外天文卫星发射升空。这颗卫星上装有一架主镜口径60厘米的反射望远镜，在12、25、60和100微米四个波段，以四种探测器测量天体和宇宙的红外辐射。卫星的整个望远镜和探测器全部冷却在液氦之中，致冷到绝对温标1K,从而有效地解决了致冷问题。但不幸的是,这一年的11月10日,液氦致冷剂却耗尽了,这使望远镜不得不停止工作。尽管它的工作时间比原定一年的设计寿命短了两个多月，但它的成功发射以及在随后展开的红外巡天中所取得的丰硕成果却是有目共睹





的。

短短十个月间，红外天文卫星记录到245839个红外源，使已知的红外天体总数增加了100倍，同时它还发现了大批新型天体。1983年8月9日，美国喷气推进实验室的科学家们宣布了一条令人激动的消息：红外天文卫星首次证明，有可能在太阳系以外还存在着另一个太阳系。卫星上的望远镜发现，有一圈粒子围绕着织女星运行，虽然还无法确切测定织女星周围物质的质量，但科学家们估计它的质量可能和我们太阳系中除太阳以外的所有行星和其它物质的质量相当。

1984年，美国宇航局将1965～1983年期间已问世和尚未公开发表的全部红外源表进行计算机汇总，出版了《红外源总表》。该表共载有10000个红外源，其中8000个是恒星、星云或河外天体，剩下的2000个尚未确认出光学对应体。1988年，美国喷气推进实验室编撰了一份红外天文卫星星表，这是迄今为止数据收集最丰富的太阳系天体星表。在卫星观测过的11499颗小行星和384颗彗星中，该星表列出了其中已知的1811颗小行星的物理特征，包括大小、距离、表面反射率和成分等，该表还修正了22颗已知彗星的轨道参数。

在红外天文学红红火火蓬勃发展的同时，另一项全新波段上的空间探测也迅猛地发展了起来。

紫外天文学

1801年，就在红外辐射被发现的第二年，德国物理学家里特尔发现了太阳的紫外辐射。紫外波段介于可见光和X射线波段之间。19世纪下半叶，照相分光学出现后，波长0.3～0.4微米的天体紫外辐射是和可见光一起进行研究的。但紫外辐射受大气吸收



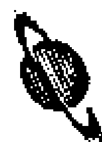
最为严重，对波长0.2～0.3微米的紫外线只需用升高至50千米的气球即可获得，而紫外波段的观测工作则必须借助火箭和人造卫星才能完成了。

与发射红外辐射的天体正相反，发射紫外辐射的天体是温度极高、极为明亮的年轻恒星。表面温度在1万度以上的恒星，其辐射大部分在0.3微米以下的紫外波段，2万度以上的恒星几乎全部辐射都在紫外波段。不仅如此，科学家们发现在紫外区可以获得比可见光区更多有关天体的物理和化学性质的信息，所以即使困难重重，执著的科学家们还是会想方设法将探测器送上天，幸好火箭的诞生给科学家们帮了大忙。

1946年10月10日，美国海军研究实验室用V－2火箭装载紫外探测器，在距地面80千米的上空，首次获得了波长0.22微米的太阳紫外光谱。之所以将太阳作为紫外探测的首选对象，科学家自有一番打算。

虽然在太阳总辐射中，紫外辐射所占的比例仅为约7%，但就是这么一小部分的短波辐射却能够引起地球高层大气各种反应，这当然是引人注目的；同时，太阳紫外光谱中有许多高电离硅、氧、铁等元素的谱线，它们对太阳色球和日冕间过渡层和耀斑活动的研究颇有价值。有了以上种种原因的共同作用，太阳坐上高空紫外天文探测的“头把交椅”也就成为自然而然的事。这一次的尝试看来是十分成功的。

20世纪60年代，紫外天体探测搭乘上了卫星和飞船的“快车”。1960年和1962年相继发射的太阳辐射监测卫星系列和轨道太阳天文台科学卫星系列都装有紫外探测器，对太阳紫外辐射的通量、光谱及其变化进行了系统探测，拍摄了太阳紫外单色像。这一收获令天文学家颇感欣喜，因为不同波长紫外辐射来自太阳的



不同高度，所以能够拍摄到不同波长的紫外单色像也就意味着给出了太阳大气不同高度、不同温度范围的辐射分布与周围非活动区的差异，从而为建立更准确的过渡区理论模型提供了实验数据。

对太阳的探测结果固然令人心动，但在太阳系之外其实也别有洞天。对太阳系外天体所进行的紫外探测开始于20世纪60年代中期。1965年11月，苏联发射"金星2号"，在0.105～0.134微米探测了银河的紫外辐射。1968年4月，苏联发射"宇宙215号"卫星获得了早型星0.125～0.27微米的光谱。

说起来，紫外天文探测开始得比红外天文观测要早得多，但它真正确立其在现代天体物理学中的地位却是在60年代末、70年代初，而这还要归功于一颗名叫"轨道天文台2号(OAO－2)"的卫星。它于1968年12月由美国发射升空，它的4架紫外望远镜，分别在0.22～0.32微米、0.16～0.32微米、0.135～0.2微米、0.105～0.2微米四个波段巡视整个天空，另外还有7架仪器测量了一些特定目标的紫外星等和光谱。根据OAO－2的探测资料，1973年刊布了第一个紫外巡天星表，其中列有5068个天体的位置、紫外辐射强度、光谱类型等。OAO－2发现在0.2微米以下的波长上，许多星系的亮度是意想不到的；B型和O型星紫外辐射强度也比预计的高，它们的表面温度实际上比地面测量获得的结果要高；在红超巨星的色球层，有很强的紫外光发射，它们每10万年就抛出一次相当于太阳质量的物质。OAO－2的成功探测意味着紫外天文学已真正形成了。

正如20世纪60年代是空间红外探测迅猛发展的时代一样，在紧随其后的另一个十年中，紫外天文学已告别了蹒跚学步的年纪，迈出了稳健的步伐。20世纪70年代，四颗紫外天文卫星的相



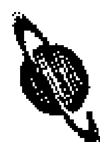
继升空，不仅扩展了人们的视野，也使人们看到了紫外天文学的美好前景。1972年，欧洲空间局发射“特德-1A(TD-1A)”，同年美国发射“OAO-3”，1974年荷兰、美国发射“荷兰天文卫星(ANS)”，1978年美国、欧洲空间局共同发射“国际紫外探索者(IUE)”，它们的工作波段是0.01~0.3微米，可以得到分辨率很好的紫外光谱。OAO-3发射于哥白尼500周年的诞辰年，因此又名“哥白尼卫星”，它成功地测量了原子氢、原子氧、中性碳、电离硅等在银河系空间的分布、速度和温度，发现有些星际低层密度云的温度高达1万至10万度，发现星际尘埃中含有半径为0.01微米大小的石墨尘粒，并发现在大范围内存在的气体云，这可能是超新星爆发的形成物，也可能是恒星风的冲击波形成的。

关于IUE，我们也许应该多说上几句，因为它是为紫外天文学立下赫赫战功的一员“老将”——它的设计寿命是三年，但实际服役已远远超过了这个时间，成为寿命最长的一颗卫星。IUE是一颗地球同步卫星，由于卫星的轨道距地球相当远，地球遮住的天空仅为17°左右，卫星不仅能与美国宇航局地面跟踪站每天24小时保持联系，还能每天和欧洲空间局的控制中心联络10个小时。工作十余年，IUE取得的成果已涉及太阳系、冷星、热星、互扰双星、激变变星、星际物质、活动星系等。它的全部观测成果如今已被保存在戈达德空间飞行中心的IUE档案馆中。

紫外天文观测领域中还有一员“小将”，它在太空仅仅飞行了9天，但却收获颇丰。这员小将名叫“紫外天文1号”，1990年12月1日由哥伦比亚号航天飞机送入太空，同年12月10日返回地面。短短九天里，它对白矮星、双星、活动星系、星系团进行了考察，进行了有关暗物质理论的验证。

关于紫外天文观测，最后要谈的是一直被天文学家们视为观





测禁区的远紫外探测。之所以这样认为，是由于星际氢可以吸收远紫外波长的辐射的缘故。不过20世纪70年代以来，已在该领域取得了一些不错的成绩。

1975年，美苏“阿波罗－联盟”在飞行中发现了位于后发座的一颗白矮星—— HZ43，这是人类发现的太阳系外第一个远紫外辐射源。在此之后，“阿波罗－联盟”又探测到另一颗白矮星、一颗耀星和一颗激变变星。1990年6月发射升空的国际X射线天文台携带着一架英国制造的远紫外照相机完成了0.006－0.02微米的巡天。1992年6月7日，美国宇航局发射了一颗中型卫星——远紫外探测器(EUVE)进行远紫外巡天。它有着相当高的灵敏度，能探测到亮度只有HZ43百分之一以上的紫外源，除测量源的位置和亮度以外，它还进行了分光观测。这些探测器不断发回的观测结果将帮助人们更深入地理解我们的宇宙。

X射线天文学

1895年，德国物理学家伦琴在实验室里发现了X射线，并且成功地为妻子拍下了一张手骨照片，这在当时曾引起一些人的攻击，有的报纸以耸人听闻的口气警告说，今后穿什么衣服都没有安全感了，有人甚至呼吁制定法律禁止使用X射线。然而科学的魅力是难以阻挡的。六年后的1901年12月10日，瑞典皇家科学院将第一枚诺贝尔物理学奖章授予了这位杰出的科学家。

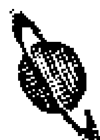
这是X射线被发现的过程。在此后的半个多世纪中，天文学家虽有所尝试，但却未能探测到天体的X射线辐射。这种情况到20世纪中叶时开始有所改变。有关的开创性工作是由美国海军研究实验室于1984年完成的。两年前正是这家实验室将一个紫外探测器送上80千米的高空，从而在大气层之外第一次拍摄了太

阳近紫外光谱。

1948 年，美国海军研究实验室的伯尼特利用 V－2 火箭装载用薄铍箔覆盖着的底片升入近百千米的高空，结果发现了来自太阳的 X 射线。在此之后的十多年中，该实验室的弗里德曼等人又在高空火箭内安装了盖革计数器——利用这种仪器可以计数通过的粒子数目，对太阳的 X 射线辐射进行监测。1960 年，又是这家实验室的科学家布莱克等人利用空蜂火箭携带一架针孔直径为 0.0127 厘米的针孔照相机，拍到了第一张太阳的 X 射线照片。

60 年代以前，X 射线观测还只局限于对太阳的探索。这倒不是科学家们不想拓宽视野。事实上，早在 50 年代，弗里德曼等人在监测太阳 X 射线辐射的同时，便已尝试探测来自恒星的 X 射线辐射，但未获成功。当时，人们已经发现太阳的 X 射线辐射的能量大约仅占可见光辐射能量的百万分之一，于是有人据此类推，由于距离遥远，太阳系外天体的 X 射线辐射大概无法探测。事实真的是这样吗？仅仅十年间，答案便有了。

60 年代初，美国麻省理工学院的布鲁诺·B·罗西等人证明，太阳辐射可以在月面上产生荧光 X 射线。为了对此做深入研究，1962 年，罗西等人将 X 射线探测器送上了 225 千米的高空，结果取得了意想不到的收获：在月球旁边的天蝎座中发现了一个很强的射线源，它的强度比原来预计的要强 100 倍。这是人们发现的第一个太阳系外的 X 射线源——天蝎座 X－1。1966 年，光学天文学家证明天蝎座 X－1 也发可见光，是一颗 13 等的变星，距离我们约 1 千光年。根据这一数据，天文学家们得出它的 X 射线比光发射的能量强 1000 倍。这当然让科学家们大吃一惊，但更重要的是，它的发现改变了人们在 50 年代时的错误观念——即认为太阳系外天体的 X 射线辐射大概无法探测，为太阳系外 X 射线源的



探测开启了一扇成功之门，因而被认为是 X 射线天文学的第一个里程碑事件。

在天空异常热闹的 20 世纪 60 年代，高空火箭为 X 射线天文探测做出了重大贡献：1964 年，首次拍摄到 X 射线晃洞的照片；1966 年，前面提到过的弗里德曼等人探测到了 M87 的 X 射线辐射，这是探测到的第一个河外 X 射线源；1967 年，美国用空蜂火箭率先探测到 X 射线背景辐射；1969 年，弗里德曼发现了蟹状星云脉冲星 PSR0532 的脉冲 X 射线辐射，这是第一颗被发现的 X 射线脉冲星。在这个令人激动的十年中，利用高空火箭共发现了约 30 个 X 射线源。

1970 年 12 月 12 日，在非洲肯尼亚的印度洋东海岸，美国制造的第一颗 X 射线天文卫星发射升空。这一天正好是肯尼亚的独立纪念日，因此这颗卫星被命名为“乌呼鲁”——在斯瓦西里语中，“乌呼鲁”的意思是“自由”。卫星上携带了两个 X 射线准直正比计数器组，重 63.5 千克，利用它们可以探测波长 0.6～5.7 埃的 X 射线辐射。在历时三年的探测中，乌呼鲁首次完成了 X 射线波段的系统巡天，获得了全天 X 射线源的分布图。截止到 1977 年，乌呼鲁共发现了 339 个 X 射线源，根据它的探测，天文学家们先后发表了 4 个星表。乌呼鲁的工作使天文学家们看到，银河系中的许多 X 射线源都是中子星；许多星系团中遍布着炽热的星际气体。

乌呼鲁的工作业绩是显而易见的，而此后升空的“高能天文台 2 号（HEAO－B）”则使 X 射线天文卫星的发展进入了一个新的阶段。这颗发射于 1978 年 11 月的卫星又名“爱因斯坦天文台”，这是为了纪念这位伟大的科学家诞生 100 周年。HEAO－B 是第一颗带反射镜的卫星。

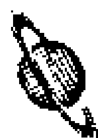




以往的天文卫星上所用的X射线探测器往往是用于检测X射线光子数的某种粒子计数器，它的方向性较差，如果要确定X射线源的位置，就得在它的前面加装一系列结构复杂的挡板系统，以便允许来自某一方向上的X射线通过。如果想要提高它的灵敏度，就必须加大入射窗的面积和探测器的体积。而首次装备有反射镜的"爱因斯坦天文台"则将空间X射线探测提升到了一个新的高度。它所携带的口径58厘米X射线望远镜有4层内外套着的环，每层环圈上都有一组特定的抛物镜和双曲面镜，它们都能收集X射线，并使之聚焦于同一焦点。这架望远镜的定位精度为1′，而它的灵敏度要比以往最灵敏的X射线探测器提高了1000倍，这使它可以发现许多人们以前不知道的东西。

从这架望远镜发回的信息，人们发现了此前无法探测到的各种光谱型的正常恒星的X射线辐射，特别是发现了表面温度较低的M型恒星有很强的X射线辐射，比传统的恒星大气理论所推算的强100万倍，从而促使天文学家们重新去研究这些理论。HEAO－B还首次获得了河外星系中单个X射线源的像。以仙女座星系为例，以前只能作为一个X射线源来探测，而HEAO－B却在这一星系中发现了至少80个X射线源，甚至在其核心中也发现了18个X射线源。有关类星体的研究也取得了进展：由于HEAO－B的出色工作，人们发现几乎所有已知类星体都是X射线源。

在X射线天文学研究方面还有一件值得大书一笔的事件，这就是"钱德拉X射线天文台"于20世纪之末的成功发射。1999年7月23日，这座探测器从由首位女指令长美国空军上校艾琳·柯林斯驾驶的哥伦比亚航天飞机中被释放到太空，此举揭开了人类观测宇宙的新的里程碑。



钱德拉X射线天文台，原名“先进X射线天文物理实验室（AXAF）”，现在的名字是发射前夕改的，此举是为了纪念已故天文学家苏布拉马尼扬·钱德拉塞卡。这位美籍印度科学家因在白矮星理论研究方面的杰出贡献而获得1983年诺贝尔物理奖。钱德拉X射线天文台是美国航天局继哈勃空间望远镜和康普顿γ

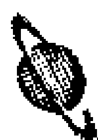


执行钱德拉X射线天文台发射任务的五名宇航员与钱德拉X射线天文台模型，左一为执行此次任务的指令长艾琳·柯林斯

射线天文台之后，送入太空的第三个大型空间天文台。

在随后的五年中，钱德拉X射线望远镜将主要观测宇宙中温度高达数百万度的区域和运动速度几乎接近光速的天体的高能活动，从太阳系内的彗星到遥远的类星体都是它观测的范围。科学家将通过钱德拉X射线望远镜，了解宇宙的构造与演化，包括



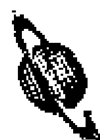


暗物质的组成，以及星系爆炸的原因。暗物质是无法直接观察到的不发光物质，但它究竟是什么目前尚不清楚。通过钱德拉X射线望远镜，天文学家将能对星系团进行观察与测量，以设法了解到底有多少暗物质存在于宇宙之中，这正是宇宙形成与演化的关键，因为宇宙最后究竟是会收缩还是会永远膨胀下去，要视暗物质多寡而定。同时，钱德拉X射线望远镜还可以为另一个问题提供线索。科学家们相信宇宙初期只产生了一些轻元素，包括氢、氦和锂等，其他重元素则是经由恒星内部的核聚变反应所合成的，如碳、硅、氧等。那么，事实是不是这样呢？钱德拉X射线望远镜将通过透视超新星残骸内部，从超新星爆炸的残骸中找出并确认元素形成的过程。

担负着如此重要任务的钱德拉X射线望远镜，在许多方面都创下了空间探测的纪录。首先，它是迄今最大、最重的天文卫星，它长11.8米，连同附加的惯性上面级，总长为17.4米；卫星发射重量5.6吨，连同惯性上面级和支持设备，总重量约为21吨。长度和重量都已接近航天飞机载运能力的极限。它还是有史以来最精密的X射线望远镜和同类望远镜中最大的一台，它的4个柱状主镜是特别为收集高能的X射线所设计的，它的威力要比现今在轨道运行的十几台X射线望远镜强10~100倍，可以在25公里外清楚地看到报纸上的一个句号。虽然它拍摄的是非可见光图像，但是技术人员会为照片中不同能量（频率）着上不同颜色，成为彩色照片。其分辨率可比地面X射线望远镜高10倍以上，这是仅比地面光学或红外线望远镜的分辨率高5倍左右的哈勃空间望远镜所望尘莫及的。

钱德拉X射线望远镜的整个计划将耗资15亿美元，如果再加上航天飞机发射以及5年运作的费用，它的总经费将高达28亿





美元，是美国航天局有史以来太空计划中最昂贵的一项。

就在钱德拉镜升空后不久，美国航空航天局便首次展示了由钱德拉X射线天文望远镜发回的两张照片：一张照片揭示了恒星爆炸后的情形。这张照片记录的是一颗名叫CasslopelaA的超新星，它由一颗恒星在320年前爆炸形成。在这张照片上，科学家可以清楚地看到超新星中央附近存在黑洞的证据。另外一张照片则显示，一个遥远类星体喷射出的X射线流达20万光年之远，其喷射出的能量可能相当于10万亿个太阳释放能量的总和。科学家认为，这样巨大的能量是从类星体中央的一个超大规模黑洞附近发出的。研究人员称，钱德拉望远镜拍摄的图片与射电望远镜的观测相结合，将帮助天文学家了解黑洞附近产生宇宙喷气流的过程。

伴随着天文卫星的一次次成功发射，X射线天文学已日渐羽翼丰满，成为天文学的一个重要的分支了。

γ射线天文学

1973年，一颗名叫“维拉”、用于监测核爆炸的美国军事卫星解密后公布了一份1967年的观测记录，其中包括一次短暂但却激烈的γ射线爆发，这也是最早的一次有关γ射线爆发的记录。

γ射线的波长比X射线还要短。1900年，法国物理学家维拉德在研究镭的放射性时首先发现了它。γ射线的穿透力很强，能使照相乳胶感光，并不为磁场所反射。当原子核从能量较高的状态过渡到能量较低的状态时，它所放出的能量常以γ射线形式出现。上面说到的γ射线正是原子核能级跃迁发出的，而我们现在所讲的γ射线来源则要广泛得多，只要能量大于0.5兆电子伏的光子，不论它的来历如何，均叫做γ射线。



宇宙中许多过程都能产生γ射线，比如宇宙线粒子同星际介质发生相互作用、宇宙中重元素核的合成反应等。由此，研究γ射线天文学的意义已可见一斑。

早在1948年的时候就有人开始用气球来探测宇宙γ射线，但没有成功。1958年，菲利普·莫里森在他的一篇文章中从理论上预言某些天体可能发射相当强的γ射线，并首次提出了γ射线天文学的概念，此举激发了人们探测γ射线的兴趣。1962年1月，美国发射的"徘徊者2号"飞船发现了宇宙γ射线背景辐射，以后的"轨道太阳观测台（OSO－3）"、阿波罗15号以及专门用于探测宇宙γ射线的小型天文卫星（SAS－B）等都证实了这种背景辐射的存在。1967年，它又探测到了来自银盘的能量高于50兆电子伏的γ射线辐射，以银心方向最强。1971年9月，美国发射了"轨道太阳观测台7号（OSO－7）"卫星，它于1972年8月4日首次探测到高能太阳γ射线谱线。当时发生了3B级太阳耀斑。耀斑加速的粒子同太阳大气相互作用的核过程产生了γ射线，OSO－7完整地记录了这一事件。

γ射线天文学真正成为天文学的一支，是从"小型天文卫星2号（SAS－2）"开始的。美国于1972年11月5日发射的这颗卫星上装载着一架灵敏度比以往探测器高出许多的γ射线望远镜——"火花室"，它试图利用γ射线与物质作用产生的正负电子对来测量γ射线强度，结果获得了成功。不幸的是，由于电子线路出了故障，这颗卫星仅仅工作了7个月，记录到8000个γ光子事例。它的工作是出色的，因为它为我们勾画出了银河系大尺度γ射线图，描绘了河内局部源的分布，并且发现一些强射电脉冲星也有强的高能γ射线脉冲发射。1975年的8月9日，欧洲空间局发射的"宇宙线卫星B（COS－B）"上也有一架"火花室"γ射线望远镜，

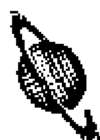


它的灵敏度比 SAS - 2 还要高,在它持续六年半的工作期间,共记录到10万多个有用γ光子事例。

γ射线天文学的研究中,最引人注目的现象是宇宙γ射线爆发,这是一种短时标、突发性的高能γ射线爆发现象,这种爆发上升时间很短,它的总持续时间仅约10秒。前面已经介绍,最早发现γ射线爆发是在1967年。而在1979年3月和4月,一个国际宇宙飞船观测网观测了迄今为止最大的γ射线爆发,观测表明它所处的方向与大麦哲伦星系的一个超新星遗迹的方向相同,据分析它可能是一颗中子星或脉冲星。此间最强烈的一次发生在3月5日,当时分布在太阳系不同轨道上的9颗人造卫星同时记录到这次爆发,它仅持续了0.12秒,但所释放的能量却比太阳在3000年里所辐射的全部能量还要多。这一事件同时引起了天文学界和物理学界的强烈关注。当然,除了关注之外,更多的可能便是困惑了,因为在此事件背后有着太多谜团:γ射线爆发这样高的能量是由什么提供的?它的暂现性和时间结构是怎样造成的?释放的能量转变为γ光子能量的机制是什么?这是研究γ射线爆发理论的三个主要问题。在此次事件发生后的20年里,科学家们根据各自的研究提出了多种学说。究竟哪种更符合事实本来的面目,目前仍是一个悬而未决的难题,但我们也不妨简单了解一下几个主要的观点:

小行星碰撞假说。这是美国的纽曼等人于70年代末提出的,这种假说称,当一颗太阳质量的恒星演化为超新星时,它本身坍缩为中子星,周围的行星被超新星爆发的"风暴"击碎,形成小行星,当这些小行星再撞击其母星时,产生了γ射线爆发。

彗星激发说。70年代初已有人提出相近的看法,认为当彗星撞击中子星的表面时产生了γ射线爆发,前苏联萨格吉耶夫通过



分析哈雷彗星新观测数据，于1989年重新提出了彗星激发说，他认为是当彗核穿越中子星的磁场时，在彗星中感生出强电流导致其蒸发，从彗星散发出来的带电物质使中子星的磁场“短路”而产生了γ射线爆发。

热核爆炸模型。认为中子星吸积物质达到一定程度时，发生热核反应，产生了γ射线爆发。

星震模型。它假设在中子星核心处发生了某种剧烈活动，从而在中子星固体壳中形成了一个重核非平衡层，通过裂变，释放大量中子星内能。

……

以上种种假设各有各的道理，也都有待推敲之处，究竟孰是孰非，尚需更多观测事实的验证。

1991年开始，为了探索更多宇宙的奥秘，美国实施了大型空间天文台计划，γ射线的探测也位列其中。

1991年4月5日，一座名为“康普顿γ射线天文台”的科学卫星由“亚特兰蒂斯”号航天飞机送入太空。这座重15.4吨的天文台载有定向闪烁分光仪、康普顿成像望远镜、高能γ射线望远镜以及8个爆发源和偶现源检测仪共四组设备，是第一个具有分光、定位能力的γ射线观测卫星，也是迄今为止进入太空最重的卫星。它的巡天工作分两次进行，第一批观测对象包括蟹状星云、船帆座高能源、天鹅座X-1、天鹅座X-3、塞佛特星系NGC4151等；第二批观测对象有银河系中心、麦哲伦云超新星1987A等。在它发射升空后不久便传来了不少好消息：探测到来自天鹅座X-3和超新星1987A的高能辐射；在南天圆规星座探测到第四颗γ射线脉冲星PSR1706-44，该星射电脉冲周期为102毫秒，经验证，它就是许多年前由欧洲空间局发射的“宇宙线卫星B(COS-B)”

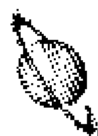


发现的 γ 射线源 2CG342－02。除此之外，它还探测到 11 颗发射 γ 射线的类星体，由于它们具有强大的 γ 射线输出，科学家们猜测它们可能是一种新型类星体。天文学家曾认为伽马射线的爆发只能在银河系中才能探测到，而康普顿升空数月后，科学家才发现伽马射线源可能位于宇宙的四面八方。

康普顿天文台的预定寿命仅为两年，但它实际工作时间已近十年，直到 1999 年 12 月，它的三个导航陀螺仪失灵，科学家们分析，如果再有一个陀螺仪出故障，地面控制人员将无法控制它，因此 2000 年 6 月 4 日，美国舰天局对其施行人工控制坠毁，地点在南部太平洋中的无人海面，位于夏威夷南部 3200 公里。在其坠毁之前，曾有参与设计、制造和使用的科学家们表示了反对意见，因为毕竟康普顿曾为我们认识宇宙做出过巨大贡献，而且它目前的仪器工作正常，现在就销毁它实在很可惜，但几番权衡之后，美国宇航局还是做出了坠毁的决定，因为有分析表明，如果不做任何处理，康普顿最终会自行坠毁地面。由于它的运行轨道穿过了一些人口稠密地区，如墨西哥城、迈阿密和曼谷，其自行坠毁时造成人员伤亡的可能性高达千分之一。而利用康普顿现有的导航和控制设备进行人工控制坠落，出现伤亡的机会只有 2900 万分之一。

起步较晚但却不甘落后的 γ 射线天文学在 20 世纪的最后 20 余年中得到了迅速的发展，成为令现代天文学界瞩目的一颗“新星”。不仅如此，γ 射线天文学还与核现象、高能粒子现象和高能物理现象有着直接的联系，因此该领域的研究也受到了高能物理学家们的高度重视。相信随着各项探测工作的深入开展，我们将会了解得更多。





第二章　探索太阳系的奥秘

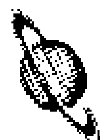
在哥白尼生活的时代，人们十分固执地相信地球是宇宙的中心，而太阳则每天起早贪黑地绕着地球转个不停。这种信仰的力量是如此强大，以致哥白尼直到年近古稀才决定将他收藏了36年之久的成果付梓。看到自己的学说终于公之于众，哥白尼欣慰地离去了。但事情到这里并没有结束。为了传播哥白尼学说，布鲁诺与天主教会发生了激烈的冲突而被烧死在火刑柱上；伽利略用天文望远镜证实了哥白尼的正确，结果被判终身监禁，300多年后，沉冤方才得雪。

沉重的代价不会白白付出。今天，不再有人会为了坚信日心说而牺牲生命。在与自然的交流中，人们正慢慢学习用自己的眼睛去观察、用自己的头脑去思考，对太阳系的探索也不例外。

20世纪之前，人们对太阳系已经有了初步的了解，进入20世纪，伴随着天体物理学的崛起和发展，人们不仅对太阳本身有了更加深刻的认识，而且又陆续获得了有关太阳系中其它天体的新发现。当然，一些未解之谜也在困扰着太阳系的探索者们。但既然是谜，便会吸引更多人加入探索的行列，而这无疑将推动研究的深入发展。

一、太阳的故事

太阳是银河系中一颗普通的恒星，但它却给地球上的生命带



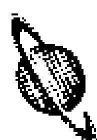
来了光明与温暖，正是由于这个缘故，我们常常会把太多赞美的话奉送给它，在许多古老民族流传下来的神话故事中，太阳的含义是丰富的：蓬勃、向上、生命、热情、勇敢、力量……当然，太阳并非仅仅是诗人和艺术家的宠儿，在天文学家眼中，太阳研究具有极其重要的地位，比如说，兴起于19世纪中叶而在20世纪乃至以后的日子里风头正健的天体物理学正是从对太阳的认识开始的。

“彩虹”隐藏的秘密

早在1666年，牛顿发现，一束白色的太阳光在通过一块三棱镜之后，会展开成一条包含有各种颜色的彩虹，它的一端是红色，然后依次是橙、黄、绿、蓝和紫色。牛顿将其称为光谱，并解释说，这种现象是各色光线通过玻璃的时候，由于它们的折射率不同造成的。牛顿的发现为我们揭开了一个有关阳光的秘密。不过，在牛顿所发现的这条美丽彩虹背后其实还隐藏着另一个秘密，但它直到200年后才被发现并最终揭开。

1802年，英国化学家威廉·海德·沃拉斯顿（1766～1828）发现太阳的光谱并不是一道完美的彩虹，而是被一些暗线所割裂。1814年，德国物理学家约瑟夫·冯·夫琅和费（1787～1826）重做了100多年前牛顿做过的实验，但他在装置上做了一些小小的调整：在三棱镜之外又增加了一台小望远镜，并让太阳光从一条狭缝间穿过。这就是世界上第一台分光镜问世的过程。它看起来十分简陋，但你也许已经注意到了，许多伟大的发现恰恰是在简陋与平凡中诞生的，这一次也不例外。利用这台小小的分光镜，夫琅和费看到了更多的暗线，大约有750多条。这些暗线被称为“夫琅和费线”，其中最突出的几条从深红到深紫，为了便于研究，他用





A、B、C……I 的字母来表示它们。在对包括太阳在内的多种光源的光谱进行仔细观察之后，夫琅和费发现，有一条明亮的黄线——或者更确切地说是两条紧挨着的黄线，几乎在所有火焰中都能看到，这条谱线与太阳光谱中的 D 线位置恰好相同。这无疑是一个重要的发现，但它意味着什么呢？夫琅和费看出了彩虹背后隐藏的秘密，但直到去世也未能对此做出解释。不过，作为第一位系统研究了太阳光谱中的暗线的科学家，他被后世誉为天体分光学的创始人依然是当之无愧的。

在这个关于彩虹的秘密被发现 30 年后，两位来自德国的科学家终于解开了其中的奥秘。物理学家基尔霍夫(1824～1887)和化学家本生(1811～1899)经过反复试验后得出结论：当太阳光通过冷气体时，冷气体会吸收一部分光，这样光谱中就会出现一些暗线，表明某些光被吸收了；太阳内部温度很高，它发出连续光谱，但太阳外围的温度较低，在这其中有什么元素，就会把连续光谱中的相应谱线吸收掉，产生吸收线。1859 年，基尔霍夫提出了两条定律：每一种元素都有自己的光谱；每一种元素都可以吸收它能够发射的谱线。这两条定律被称为基尔霍夫定律。而那条明亮的黄线则是由钠元素产生的。以后霍尔霍夫又进一步指出：炽热的固体或液体发射连续光谱，气体则发射不连续的明线光谱。这一发现使人们能够通过分析天体的光去了解它的化学成分。还在 1825 年的时候，法国哲学家孔德曾断言：“恒星的化学组成是人类绝不能得到的知识。”但时间仅仅过去了几十年，天体物理学的诞生与发展就使人们得以了解了这些“绝不能得到的知识”。神奇吗？这大概就是科学的魅力。而当一切尚未露出端倪便轻下断言，这也许才是科学发展中最大的障碍。

与天体分光学一起成长起来的还有光度学和照相术。光度学





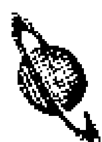
为我们提供了衡量恒星星等的尺度，而照相术在天文观测中的应用则积累了丰富的图像资料。不过这一次，太阳并不是第一个被印在照相底版上的天体。1840 年，美籍英国化学家德雷珀用一块 7.6 厘米透镜将月亮像聚焦在光敏底版上，20 分钟后，一幅清晰的月亮照片诞生了，这也是第一张天文照片。五年后，第一张太阳照片也问世了，在这张由法国物理学家阿尔芒·H·L·费佐和傅科拍摄的照片上，可以看到几个太阳黑子。到了 1850 年，美国人威廉·邦德拍到了第一批恒星照片，其中包括织女星和北河二。

19 世纪中叶，伴随着分光学、光度学和照相术等物理方法相继被应用于天文观测，天文学的一个重要分科诞生了。运用物理方法和理论研究各种天体和宇宙空间中所发生的物理过程以及它们的物理性质、化学组成，这被称作天体物理学。在随后的一个世纪中，天体物理学羽翼日渐丰满，一跃成为天文学的主流。有了这件利器的帮助，人们不再满足于简单认识天体在哪儿，而更想知道它们是什么。事情往往就是这样，知道得越多，就越想知道更多。太阳研究也不例外。它的独特地位使它永远会是天文学探索的热点之一，而已经获得的有限的知识也远远不足以让科学家停下探索的步伐。

太阳能量

每一天，太阳将光与热洒向地球，如此有规律性的活动使天文学家们一度以为它只是一颗稳定而平静的火球。但伴随着研究的日益深入，天文学家们终于认识到，在它看似平静的外表下面有着并不平静的内心世界。它不仅要为地球提供照明和供暖，还要时不时地上演一幕幕诸如黑子、耀斑、日珥、日冕等令人叹为观止的壮观景象。我们已经知道，激烈的太阳活动需要消耗大量能量，很显





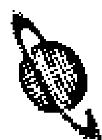
然，维持如此巨大的能源开销绝不像点火烧柴那么简单，于是，问题摆在了天文学家们的面前：太阳能量从何而来？

19 世纪的时候，当人们领略了太阳活动的精彩表演之后，已有人对太阳能量问题进行了推测，他们中有一位是来自英国的科学家，他对太阳能量作出诸般推测，并且几乎走到了最后答案揭晓的边缘。

爱丁顿，1882 年 12 月 28 日生于英国肯德尔，1944 年 11 月 22 日卒于剑桥。他于 1905 年毕业于剑桥大学三一学院，次年成为英国皇家天文学会会员，并受聘担任格林尼治皇家天文台首席助理，1913 年任剑桥大学天文学教授，第二年起兼任剑桥大学天文台台长。他的研究领域十分广泛，在天文学和物理学两大学科均有建树，最卓越的贡献是他关于恒星内部结构的研究。不过现在我们要先来看看他是如何对太阳能源问题进行推测的。

1907 年，爱因斯坦提出了著名的质量－能量转换公式，他同时预言一定的质量亏损必定伴随相应的能量转化。这使爱丁顿深受启发，他由此想到可能是电子和质子相互湮没，它们的质量全部转换成了辐射能量。湮没是一种物理现象，当一种基本粒子与它的反粒子相遇时，两个粒子一起“消失”而转化为另一种基本粒子，这被称作湮没。比如电子与正电子相遇发生湮没会转化为两个光子。爱丁顿在 1917 年提出了他的湮没假说，但在 1932 年中子被发现后才知道，原子和质子挤在一起并没有发生湮没，而是成为中子；同一年，美国物理学家安德逊在宇宙射线实验中发现了正电子。此后不久，爱丁顿便放弃了他最初的电子－质子湮没理论，而代之以电子－正电子湮没理论。而就在两个理论推出之间，他曾于 1920 年在英国科学促进协会发表题为“恒星的内部结构”的讲演，他推测恒星的能源可能来自于氢转化为氦的核反应，这是他所有



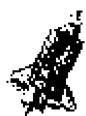


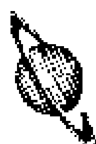


贝特

关于恒星能源推测中最为精彩的一次。

1937～1939年间，德国的魏茨泽克和美国的贝特提出太阳和一般恒星能量的理论，根据他们的新理论，太阳的巨大能量来自由氢核聚变为氦核的热核反应。他们认为，可能存在两种原子核反应可以使太阳核心的氢转变为氦。一种是质子－质子反应，它包括三个反应：两个质子碰撞后发出一个正电子和一个中微子，形成氘（氢的一种同位素）；给氘增加一个质子，它就成为原子量为3的氦的同位素，即氦3；两个氦3核结合成一个普通的氦即氦4，同时放出两个质子。另一种是碳氮循环，它包括六个反应过程，碳核和氮核既作为反应物参加反应，又是反应的生成物，它本身不增加也不减少，这就是为什么这一过程被称为碳氮循环的原因。无论是质子－质子反应还是碳氮循环，其反应的总的结果都是四个氢核合成一个氦核，并生成两个正电子、三个光子和两个中微子。氢核的质量是1.00782原子质量单位，氦核的质量为4.0015原子质量单位，所以上述两种四个氢核聚变为一个氦核的核反应中，约有0.0296原子质量单位的质量亏损，占反应物的0.7%。根据爱因斯坦的质能关系式，我们就可以计算出1克氢聚变为氦时将释放出约6×10^{18}尔格的巨大能量。

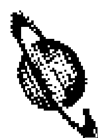




中微子失踪之谜

如今，热核反应作为太阳和恒星能源的理论已得到科学界的公认；由于这一理论的提出，贝特获得了诺贝尔物理学奖。至此，关于太阳能量的问题似乎已经有了圆满的答案。但事情的发展远远不像人们想象的那样简单，比如下面将要谈到的这桩有趣的“太阳中微子失踪案”就是太阳探索留给科学家们的一个难解之谜。

如前所述，太阳内部质子－质子反应和碳氮循环两种核反应都会产生中微子，有人形象地将它称为传递太阳内部信息的使者。这是为什么呢？科学家们在研究中发现，光子从太阳中心到太阳表面大约需要1000万年，而且在向外转移时常被吸收和散射，所以人们无法通过光学观测直接获得太阳内部信息。而中微子就不同了，这是一种不带电、没有静止质量的基本粒子，而且在真空中是以光速前进的。它与所有的物质都只有很微弱的相互作用，所以它能够不受电场、磁场的作用，自由穿过宇宙空间，甚至轻易地穿透一般的天体，比如地球。中微子的性质使它可以毫无阻碍地从太阳中心飞出去，只需八九分钟就能到达地球。两相比较，中微子的优势一目了然：直接观测中微子就可以得到太阳中心区域能量产生的信息。不过，中微子的特性也给想要捕捉它的科学家们添了不少麻烦。因为它极强的穿透力使地球也无法挽留它来去匆匆的脚步：在到达地面后，中微子并不停留，而是穿透地球飞奔而去。当然，不易做到并不意味着不能做到，既然它能告诉我们更多关于太阳的故事，那么科学家们即使想尽办法也要把它捉到。决心一下，找到办法只是迟早的事。不久，来自意大利的物理学家庞坦科尔伏指出，中微子能与原子量为37的氯原子发生反应，变成一个同样原子量的氩原子，并放出一个电子。



根据庞坦科尔伏提供的思路，美国布鲁克文实验室的科学家戴维斯和他的同事们从 1955 年开始了抓捕中微子的行动。他们在位于美国南达科他州一个名叫霍姆斯克金矿的废矿井中精心布置了他们的实验设备：一只巨大的圆筒，里面装有重达 600 余吨的四氯化碳溶液；另外，还有相应的配套仪器，可用来检测氯原子逮住的中微子。这个天然的实验室在地面以下 2 公里，选择这个深度是为了使他们的抓捕行动免受其它粒子的干扰。万事已然俱备，戴维斯和他的同事们现在要做的只是日夜守候在一旁静观其变。1968 年，戴维斯小组的中微子探测器终于等到了主角的出场。这一消息在最初的时候曾令世界各地的天文学家们兴奋不已，因为人类终于直接捕捉到来自太阳核心的物质。然而，这种激动的心情没能持续多久，科学家们就又陷入了另一种困惑之中。

根据已有的太阳内部结构和热核反应的理论推算，戴维斯小组所用的仪器应该每天约能捉到 1 个中微子，而实际的情况却是三天才捉到一个。最令科学家们头疼的是，经过反复检查，戴维斯等人发现他们的探测器本身并没有什么差错。实测值与理论值相去甚远，这不能不让人产生怀疑：那些失踪的中微子是溜走了还是根本就不存在？太阳中微子产生理论因此面临着自它诞生以来最为严重的一场危机。但科学家们并不会轻易放弃，他们纷纷埋头重新检查已有的理论，在此期间，虽然发现了不少疑点，也提出了一些新的假说，但要使它们被接受，尚待更多事实的检验。

在众说纷纭中，中微子失踪之谜吸引了越来越多科学家投身其中进行探索。这个至今仍悬而未决的谜团也许留给 20 世纪的科学家们颇多遗憾，但是如果回首天文学探索曾走过的道路，我们就会发现，其实类似的遗憾中就蕴藏着成功的希望。而且科学家们坚信，中微子失踪之谜一旦解开，太阳探索也将大大向前推进一步。



那么，21世纪的太阳是否会告诉我们更多关于它自己的秘密呢？"不懈的探索总会有收获"，也许这句话才是以往的研究所取得的最大成果。

黑子磁场

众所周知，我们所居住的地球如同一个巨大的磁铁，它本身所具有的磁性，使它与周围的空间构成一个天然的磁场，这被称作"地球磁场"。当然这种性质并非地球所特有。本世纪初，美国天文学家海尔在对太阳（更确切地说，是太阳黑子）的研究中首次观测到了地球以外的磁效应，从而使人们对太阳的认识大大前进了一步。

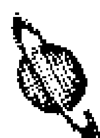
太阳是地球上的人类深受其惠的天体，它的魅力使它成为许多科学家观测研究的对象，海尔便是这些科学家中的一位。还在麻省理工学院读书的时候，海尔就开始为太阳研究进行着硬件上的准备。1891年，在哈佛大学天文台台长皮克林的支持下，海尔设计出一种被称为太阳单色光照相仪的装置。他在他的望远镜前面加了一块棱镜，这样，来自太阳最外缘某一部分的光在通过一道狭缝后就会被棱镜分解，然后才由望远镜聚焦，这样形成的光谱最后落在一张照相底版上。照相底版是被一个仅留一条狭缝的罩罩住的，狭缝可以移动，从而使太阳光谱依次在这张底版上成像。利用这种装置可以将太阳上由外向里的各个部分逐步拍到照相底片上。1892年，海尔用它成功地拍摄了太阳的单色像，这在当时无疑是个创举。在这一时期，另一位法国天文学家德朗达尔也独立地研究出与此相仿的装置——太阳光谱速度仪，利用这种仪器，可以在日面的一系列弦线上观测谱线的变化，从而求出日面各处速度的分布。这些仪器在后来海尔的发现中都派上了用场。



1908 年，海尔和他的同事亚当斯（1876～1956）等人用太阳单色光照相仪拍摄了太阳黑子照片，发现太阳黑子周围总是存在着旋涡。海尔认为，这可能是由于黑子存在磁场而引起的。他于是又用光谱仪拍摄了黑子的光谱，结果发现黑子区中有些谱线是双重的，这一现象看起来似乎有些奇怪，但几年前塞曼效应的发现使这一现象可以得到合理的解释。1896 年，荷兰物理学家皮埃特·塞曼（1865～1943）通过研究发现，当光源置于一个强电磁铁两极之间时，一条通常的光谱线将会分裂成几条子线。海尔用这一结论来解释他的发现，也就是说，他观测到的奇怪现象是黑子光谱线中的“塞曼效应”，即太阳黑子处于比地球磁场强很多倍的强磁场中。这是人类首次观测到地球以外的磁效应。

和地球一样，太阳黑子也有南北磁极。1913 年，当一个 11 年的太阳黑子周期结束而下一个周期开始的时候，海尔和他的同事们发现，新的太阳黑子与老的黑子相比，南北磁极正好颠倒了。这样的颠倒在每个新周期都会发生，所以，从磁的角度来说，太阳黑子的周期是 22 年。1919 年，海尔和亚当斯据此提出，太阳活动的真正周期不是 11 年而是 22 年，具有相同磁性的黑子，只有在超过 22 年的周期以后才会重新出现。

黑子磁场被发现以后不久，海尔开始研究太阳的普遍磁场。这种磁场比黑子磁场要弱得多，但对于“擅假于物”的海尔来说，这并不成问题。早在 1904 年，海尔有一次在高出地面 20 多米的地方用小望远镜目视观测，结果发现太阳像的清晰度要好于近地面的观测效果，这使他意识到近地面的上升气流会影响成像质量。为了减少地面空气的扰动对太阳像质量的影响，海尔提出了这样一个设想：将仪器装置在一个塔形建筑内，塔的顶部安装定天镜，以将入射的太阳光线垂直向下反射到物镜及附属仪器。由于塔身的阻挡，



近地面上升气流的影响即可消除。1908 年，海尔的这一设想在威尔逊山天文台成为现实。这种装置被称作"太阳塔"，也叫"塔式望远镜"，在海尔和他的同事们寻找太阳普遍磁场时，它帮上了大忙。1918 年，借助威尔逊山天文台新建的 45 米太阳塔，海尔和他的同事们发现太阳的普遍磁场是确实存在的，它在两极的强度大约是 50 高斯。

由于太阳磁场与太阳活动周期乃至整个太阳的结构等诸项研究都密切相关，因此从事太阳物理学研究的天文学家们都对太阳磁场的探索投入了不少精力。在海尔之后，美国天文学家巴布科克父子于 1952 年发明了太阳光电磁象仪，它可以记录到更加微弱的太阳磁场。利用它，巴布科克父子发现了太阳自转极区附近的磁场，同时发现了与 22 年黑子周期相联系的太阳磁场极性反转。

冕洞与太阳风

1842 年 7 月 8 日，来自英、法、德等国的天文学家聚集在奥地利首都维也纳，不过这一次吸引他们的并不是这个音乐之都的浪漫气息，而是即将发生的一次日全食。当日面终于被月球遮住之时，人们看到了太阳四周腾起的雄雄火焰。但在那时，人们尚不能确定如此壮观的景象究竟是来自太阳还是月亮。1851 年 7 月，瑞典、挪威发生的日全食期间，天文学家们再次目睹了日珥、日冕的奇景，这一次，天文照相术帮了天文学家们的大忙。德国柯尼斯堡天文台台长布施在照相师贝科夫斯基的协助下，拍摄了日冕的照片。随后在 1858 年和 1860 年的两次日全食期间，天文学家们又得到了日珥的照片。借助这些资料，人们终于认识到这一奇妙壮观的景致的确来自太阳。

日冕，太阳大气的最外层，它从色球层一直延伸到几个太阳半





径甚至更远。日冕虽然壮观，但却比色球暗弱，所以在很早的时候，人们想要观察日冕，只能眼巴巴地等到日全食发生时才能实现。如此短暂的时间当然不利于科学家们取得更多丰富翔实的资料，于是有人便想到了“人造日食”，他们试图在望远镜焦点上遮住太阳以产生日全食发生时的效果。这样的想法虽然不错，但在实际操作时却遇到了麻烦：当人们凝神屏息想要一睹日冕的风采时，天空中的光总会散射或漫射到望远镜内。这个难题不久就被法国天文学家伯尔纳·费迪南·李奥解决了。因为他发现使这些无孔不入的光大行其道的不是别的，正是望远镜本身的玻璃透镜。那上面即使有一点儿哪怕是最微小的气泡或尘埃，其所散射的光也足以使所有的努力化为乌有。弄明白了问题出在哪儿，解决问题的办法也就有了。1930 年 7 月 25 日，在比利牛斯山海拔 2862 米的日中峰天文台，第一架由李奥研制的日冕仪开始工作。李奥为它磨制的物镜，不仅光学性能高，更重要的是他努力使它不受到任何灰尘的污染。日冕仪的问世使天文学家们在平时也能观测日冕，这有力地推动了日冕的研究。

1950 年，瑞士天文学家瓦尔德迈尔在分析单色光观测资料时发现，日冕中存在着大片辐射很弱的暗黑区域，他称它们为“冕洞”；而一张 1964 年发回的 X 光照片十分明确地证实了冕洞的存在。有关冕洞的更多信息是由美国的“天空实验室”揭示的。这是美国于 1973 年发射的一座空间站，在那里工作的宇航员们先后拍摄了 18 万余张太阳活动照片，其中日冕照片达 3 万张。

冕洞通常是呈长条形状的，从太阳的两极一直延伸到赤道附近，其总面积约占太阳表面积的 20%，其中位于两极区域的冕洞面积最大，称极区冕洞。洞下面是完全没有 X 射线的光球，冕洞的温度和密度都比一般日冕要低得多。更重要的是，冕洞是太阳风的



"风源",这一重要发现为科学家们多年来为之困惑的问题找到了答案。

20世纪30年代,人们已发现了重复性磁暴,它以27天左右为周期,这与太阳的平均自转周期相近。人们于是猜测这种磁暴可能与太阳上某些固定的特殊区域有关,然而令人困惑的是,当这种磁暴发生之时,日面上却一片寂静,没有活动区域。百思不得其解的科学家于是将引起重复性磁暴的特殊区域称为"M"区,意为神秘的(即mystery)的区域。

但这一难题现在有了答案:所谓的"M"区就是冕洞,高速的热等离子体流从这里释放出来,跑向行星际空间,从而形成太阳风。构成太阳风的热等离子体流密度低而温度高,并带有磁场,当它们进入地球大气层时,引起电离层的变化,同时引起地球磁场强度和方向发生不规则的急剧变化,重复性磁暴就是这样发生的。多年悬案,一朝得解,但天文学家们并未因此而满足,探索无止境,喜悦之后,天文学家们又开始了新的研究。

二、众里寻"它"千百度——发现冥王星

在太阳系九大行星中,它是最小的一颗,也是最晚被发现的一颗。幽暗的个性使它得到了一个美丽而神秘的名字——冥王星。它的发现得益于两位相隔200多年的24岁年轻人的灵感与勤奋。

海王星的启示

1666年秋的一天黄昏,在英国乡村的一个果园里,一只苹果

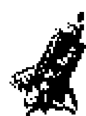


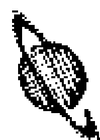
从树上落了下来，正好落在一位正在树下思考的青年面前。这只苹果以后便成了灵感的象征，因为正是它使这位 24 岁的青年苦思冥想的问题有了答案。

在这个已流传了 300 多年的故事里，主人公名叫牛顿。据说当时他正在研究是什么力量使行星绕轨道不停运行，落下的那只苹果令他想到了地心引力，正是这一力量使苹果从树上落到地下，而不是飞到天上。这个故事听起来浪漫而又令人神往，且不管它是否真实，至少有一点是可以肯定的：果熟方会蒂落，如果没有长期研究思考作为铺垫，那么即使满树的苹果都砸在头上，灵感恐怕也不会出现。

多年的辛勤工作终于有了结果。就像那只熟透的苹果，牛顿的万有引力定律也“落地”了。这一定律可以用科学的语言来概括：“万物彼此之间相互吸引，引力的大小与参加的物质的质量成正比，与它们之间的距离的平方成反比。”这种力是世间万物所共有的一种性质，因此才会使宇宙中的每一个质点与其它的质点相互吸引。天体的运动当然也不例外。牛顿的万有引力定律不久便得到了证明：他的朋友哈雷（1656～1742）根据这一定律计算了公元 1682 年大彗星的运行轨道，并预言它将于 1759 年再度出现，结果这颗后来被命名为“哈雷彗星”的匆匆过客果然如期而至，但此时的哈雷已去世整整 17 年了。

现在让我们看看牛顿的万有引力定律是如何在寻找未知行星的工作中发挥作用的吧。在太阳系中，假如每颗行星都只受到太阳引力的作用，那么它们就会严格地沿椭圆轨道绕太阳运行。但是，所有行星彼此之间也在互相吸引着，由于这种引力而产生了所谓的“摄动”，它使行星的轨道偏离了理想的轨道。到了 19 世纪初的时候，有关摄动的研究进行得相当深入，天文学家们已经能够准





确地预告行星在未来时刻的位置。1821年，法国天文学家布瓦尔受法国经度局委托，计算并发布了木星、土星和天王星的星历表，即这些星每天在某一时刻处于何种位置的数据表。对于木星和土星，计算结果与实际观测结果十分相符，而对于天王星的计算结果却总是无法令人满意：在布瓦尔的表发布仅仅9年后，表中的数据已经同观测结果相差了20″，到了1845年，这个差值已超过2′。这一现象引起科学家们的关注：是否在天王星的背后还有着一颗人们尚未发现的行星，使得天王星的运行偏离了计算的轨道呢？

法国天文学家勒维烈（1811～1877）和当时尚在英国剑桥大学读书的亚当斯（1819－1892）分别对这一问题展开了研究，并相继推算出这颗假设行星的位置。1846年9月23日，柏林天文台年轻的天文学家加勒（1812－1910）根据勒维烈的预言：在天空中找到了造成天王星运动反常的行星——海王星。海王星的发现再次证实了牛顿力学和万有引力定律的可靠性。此后不久，勒维烈再次预言，“对这颗新行星观测三四十年以后，我们又将能利用它来发现就离太阳远近而言紧随其后的那颗行星。”

“行星X”

19世纪后期，一些天文学家开始着手寻找这颗未知的行星，但由于各种原因而以失败告终。时隔近20年后，两位美国天文学家珀西瓦尔·洛韦尔和威廉·亨利·皮克林开始了对这颗行星的新一轮搜索。洛韦尔，在火星人的启发下开始他的天文观测工作，并最终走上了天文学研究的道路。皮克林是一位热衷未知行星的天文学家，他曾对这颗行星的存在做出大量预言，并提出用照相的方法去寻找它。在洛韦尔天文台建立之初，皮克林曾帮助洛韦尔实施火星观测计划，但后来两个人却因对火星智慧生物的见解不同



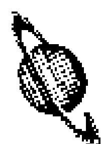
而产生了分歧，在寻找第九颗行星这件事上，两个人则成了竞争的对手。

在这颗未知行星尚未露面之前，人们并不了解它的性质，当然也就无法为它取名，洛韦尔于是将它称为“行星 X”。在当时，人们除了知道“行星 X”可能隐藏在星空的某个角落之外，一切都像它的名字一样，是个求知数。

1905 年，搜索工作开始了。洛韦尔和他的同事们利用一架口径为 12.7 厘米的折射望远镜拍摄天空照片，从而记录下了成千上万颗暗星的位置。洛韦尔亲力亲为，全身心地投入到这项崭新的工作中。他将获得的照片稍稍错开一些重叠在一起，然后用放大镜仔细观察，试图找出相对于背景恒星显示出微小位移的天体。两年的时间就在这种反复的比较与寻找中悄悄滑过，没有任何发现。“行星 X”当然正在自己的轨道上艰苦跋涉，不过此时的它刚好走到离地球较远的位置，因此它的照相星等仅为 16 等，这已经是当时照相底片的极限。所以这一轮的搜索也就不可能有什么大作为了，当然这是后来知道的。

1908 年岁末，洛韦尔与皮克林在一次讲演会上相遇。当时，皮克林在他的讲演中描述了如何分析天王星运动的残差，以预言行星 X 的位置。洛韦尔聆听了此次讲演。皮克林表示希望洛韦尔帮助搜索，但是遭到拒绝。半年后，洛韦尔对行星 X 提出了自己的预言：距离太阳 47.5 天文单位，轨道周期为 327 年，星等小于 13，质量为海王星的 2/5。但他没有公布这些结果。皮克林则公开发表了自己的预言：距离太阳 51.9 天文单位，轨道周期为 373.5 年，质量约为地球的 2 倍。他估计该行星圆面的直径应近似的为 0.8 角秒，星等在 11.5 到 13 之间。

1910 年 7 月，洛韦尔和他的同伴们开始了对行星 X 的第二轮

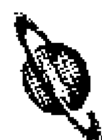


搜索。这一次他们使用了闪视比较仪。这种仪器有两个置片台，用于放置两张底片，它们在一个特殊的快门控制下，可以极其迅速地交替进入视场，这种快速的转移是视觉几乎无法觉察到的。如果两张底片上没有移动的星，那么两张底片上的星象将完全相同。而一旦某个天体在不同的底片上有了位移，那么在快速变换视场时，该天体就会相对于恒星背景来回地闪动。但洛韦尔再次失望了。1915 年 9 月，洛韦尔作出结论称：这个天体暗于 13 等，用于搜索它的望远镜也许是太小了。1916 年 11 月 12 日，洛韦尔辞别人世，有关行星 X 的搜索工作因此停滞。直到 13 年后，这种情况才得以改变。这时，一位 23 岁的年轻人来到了洛韦尔天文台，他的名字叫克莱德·威廉·汤博（1906～1997）。

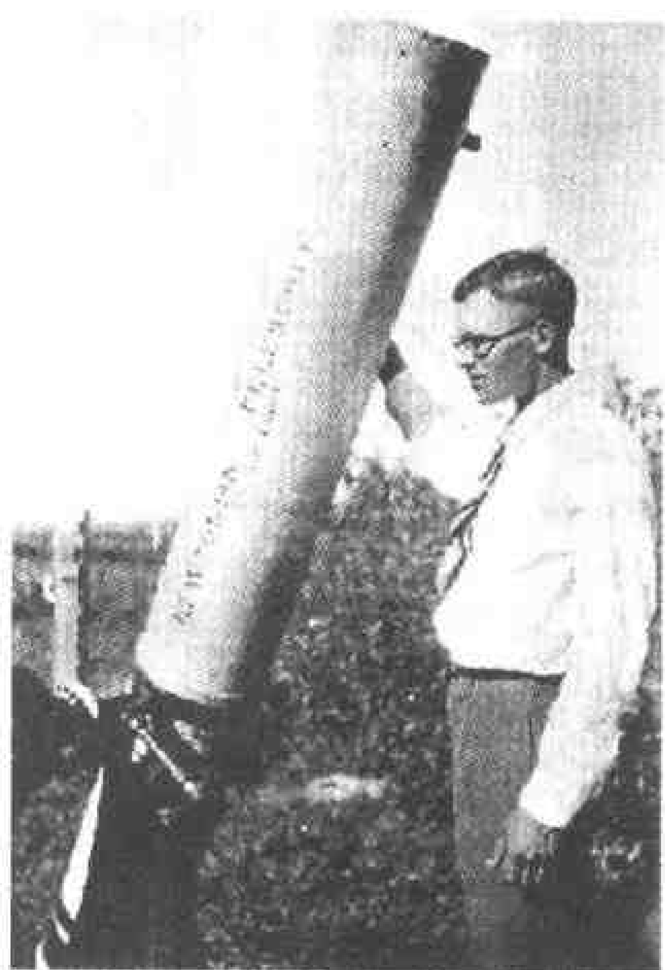
“地狱之神”亮相

汤博少年时代家境贫寒，因此无力上大学读书。但对于天文学的热爱促使他利用散落在父亲农场里的机器部件自制了一架望远镜，从事天文观测。1928 年秋，汤博利用自制的望远镜拍摄了木星和火星的图像，并把它们寄送给洛韦尔天文台。不久，汤博收到了洛韦尔天文台的邀请。1929 年 1 月 15 日，汤博离开家，来到弗拉格斯塔夫的洛韦尔天文台。这里茂密的松林与家乡一望无际的旷野形成了鲜明的反差。“每一张脸都是陌生的，而家在千里之外，口袋里的钱甚至不够买一张回程车票”，这一切都令这个 23 岁的年轻人烦恼不安。但这种情绪仅仅持续了几个小时。第二天，汤博见到了将用来寻找“行星 X”的望远镜，懊丧的心情立刻一扫而光。汤博在洛韦尔天文台的工作就这样开始了。4 个月后，他参加了对行星 X 的第三轮搜索。

在最初参与搜索工作时，汤博仅仅负责照相工作。闪视比较



仪的工作则由更富有经验的维斯托·M·斯莱弗（其时任该天文台台长）和他同是天文学家的兄弟厄尔·C·斯莱弗担任。该台还为此安装了一架新的望远镜——33厘米的反射式天体照相仪。他们决定首先考察双子座中两个天区的底片，每张底片上各有几乎多达300000颗恒星的星像。要找出一个相对于它们有微小位移的星像，实在是一件极其浩大而繁杂的工作。当每天的工作逐渐变成了机械的重复，斯莱弗的信心与热情也开始逐渐减退，此后不久，这项工作就交给了汤博独立进行。汤博后来回忆说："冥王星就在那些底片上。"



汤博

搜索工作无疑是枯燥的，但汤博十分珍惜这难得的机会，并投入了全部的热情。到1930年1月的时候，他已完成了对金牛座40万颗星的搜索工作，没有什么收获。1930年1月23日和29日夜，汤博再次拍摄了双子座δ星附近的天区。2月份，他开始对这些底片作闪视比较。2月18日下午4时，他看见有一个恒星状的东西正在闪视比较仪的视场中来回闪动。"我为此不胜惊骇，"汤博后来这样写道，"我好好看了一下表，记下了时间。……接下来的45分钟光景，我处于有生以来从未有过的兴奋状态之中。"尽管如此，汤

博还是“尽量若无其事地”走进斯莱弗的办公室，并报告了这一消息，斯莱弗随后冲进了闪视比较仪室。

斯莱弗决定对该天体作进一步的观测证实。1930 年 3 月 13 日，终于正式宣布发现了一颗海外行星。这天正好是洛韦尔 75 岁诞辰。这颗新的行星最终被命名为普鲁托(Pluto)——罗马神话中地狱之神冥王的名字。这个名字是英国剑桥一名 11 岁的女学生维尼夏·伯尼提出来的，她认为这个名字很适合一颗如此幽暗的行星。此时距离牛顿的苹果落地已过去了 264 年，这一年，汤博也是 24 岁。

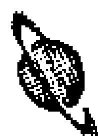
汤博发现冥王星后获得了堪萨斯大学的奖学金，最终圆了他的大学梦。1936 年他获得学士学位，1939 年获硕士学位。

冥王星的发现曾被称作 20 世纪最重大的发现之一。现在我们都知道，冥王星是离太阳最远的一颗大行星，它与太阳的平均距离为 39.44 天文单位，即约 59 千米。它在轨道上运行的速度是每秒 4.74 千米，约 248 年绕太阳公转一周。它的公转轨道的椭圆偏心率高达 0.248，居九大行星之首，这使得冥王星在轨道近日点附近时与太阳的距离比海王星到太阳的距离还近。另外，冥王星的公转轨道平面与地球公转轨道平面（即黄道面）的倾角达 17°以上，这在九大行星中也是最高的。

冥王星是太阳系中最小的一颗大行星，直径约为 2300 千米，其质量约为月球质量的 2/11、地球质量的 11/5000。由于远离太阳，冥王星的温度始终在 -220℃ 以下。冥王星的自转周期是 6.387 天。

“艄公”卡戎

在冥王星被发现 48 年后，冥王星的卫星也被发现了。那是在



1978 年，为了更精确地测定冥王星的位置，美国海军天文台用 1.55 米天体测量反射望远镜重新拍摄了冥王星的底片。在这一年的 6 月，从事这项观测工作的天文学家詹姆斯·克里斯蒂在观察这些底片时，发现每张底片上的冥王星像都拉长了，而它附近的恒星却未见异常。克里斯蒂于是猜测冥王星可能有一颗卫星，由于它们距离很近，所以从底片上看好像是在冥王星上长出了一块突起。为了证实自己的猜测，克里斯蒂找出了几张 1970 年拍摄的底片，它们是在一周之内拍摄的。从这些底片上可以看出，拉长部分在以大约 6 天的周期围绕冥王星转动，这与冥王星 6.387 天的自转周期大体相当。克里斯蒂的同事罗伯特·哈林顿计算了这颗假想卫星的轨道，计算结果与那块突起的位置变化几乎完全符合。海军天文台没有马上公布这一结果，为了稳妥起见，他们请位于智利的托洛洛山美洲天文台用 4 米望远镜再次观测以检验他们的结果。不久，4 米望远镜拍出的底片证实了克里斯蒂他们的发现。这一年的 7 月 8 日，国际天文学联合会正式宣布：发现冥王星卫星。

根据克里斯蒂的建议，这颗卫星被命名为卡戎。这个名字也是取自希腊神话，卡戎的职业是艄公，他的工作就是将亡灵渡过冥河送往地狱。

冥王星与冥卫之间的距离仅为 19000 千米，相当于月地距离的 1/20。冥卫的自转周期和它绕冥王星公转的周期与冥王星的自转周期完全相同，都是 6.387 天。这种三重同步的现象将产生什么样的结果呢？我们不妨来设想一下，当你站在冥王星上寻找冥卫的时候可能会发生两种完全不同的情况。第一种是你将看到冥卫始终固定在某个位置上，而且你看到的永远是冥卫的这一面，至于它的背面，只要你站在冥王星上就永远无缘见到。还有另一种情况：你无论怎样伸长了脖子，望穿双眼也根本找不到冥卫的影子，因为

此时你所处的位置正好是永远背对着冥卫的那一面。当然，如果你站在冥卫上观察冥王星，得到的结果也将是一样的。这种始终同步而且谁也见不到对方背面的现象在太阳系中是独有的。

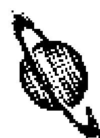
冥王星的轨道与海王星的轨道是交错在一起的，这使不少天文学家对它究竟是不是一颗真正的行星产生了怀疑。有一种看法认为，冥王星本来是海王星的一颗卫星，它同海卫一之间的引力作用改变了二者的运动状况，造成的结果是冥王星脱离海王星而独立成为一颗行星，海卫一则因为受到反向的冲力而成为一颗逆向公转的卫星。但冥王星的发现者汤博却认为，既然冥王星有一颗卫星，那么它就的的确确是一颗大行星，而不会是海王星的卫星。

这样的争论目前尚未有确切的结果，也就是说，冥王星和冥卫的身世还是一个谜，有待更多的研究去解决。

三、"掩星"事件的意外收获

最早被发现的行星光环是绕在土星腰间的，它的美丽总是吸引着天文爱好者们长久凝视的目光。在它于 1656 年被发现后的三百多年间，天文学家们再也没有找到任何一颗行星的光环，人们因此一度认为，只有土星才有光环。然而 1977 年的一次"掩星"事件却使事情终于发生了变化。

我们都知道，行星总是按照一定的轨道绕着恒星运转，有时候，当它们跑到一定的位置时，就会挡住离我们更遥远的某些恒星，这就是"行星掩恒星"。这种事件的时间并不会持续很久，但善于捕捉机会的科学家还是常常会从中得到一些有趣的发现。

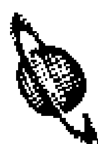


话说在 1977 年的 3 月 10 日，天文学家们由计算得知，天王星将在当天晚上掩住一颗名叫 SAO158687 的遥远恒星，于是中国、美国、澳大利亚以及南非、印度等国的天文学家们便早早都做好了观测的准备，这不仅因为天王星掩恒星的天象十分难得一见，还因为掩星事件为研究天王星大气提供了绝好的机会。如果天王星上有大气，那么被掩恒星的光线将是逐渐减弱的，也就是说，当天王星星体本身挡住恒星之前，天王星大气将先行一步挡住来自天王星大气的光线，但仍有一些光线会透露过来；掩星结束的情形也是一样的。如果天王星上没有大气，则掩星时光线的变化将是一个骤然的过程。而人们很早就知道天王星上是有大气的，因此观察天王星掩恒星的过程将有助于了解天王星大气的更多情况。

这天晚上，当世界各地天文学家急切的目光透过望远镜指向天王星和恒星 SAO158687 的时候，人们看到的却是另一番景象：在天王星本体从恒星前穿越而过的前后几十分钟里，人们就看到了掩星的场面，而遮掩住星光的并不是天王星大气，但它是什么呢？进一步的分析表明，造成这些"掩"的其实是天王星的环。最初发现的天王星环带是 5 个，它们一环套一环，彼此并不相连接。在随后发生的另两次天王星掩恒星事件中，天文学家们又进行了细致的观测，结果又发现了 4 个环带。

天王星环曾被誉为继 1930 年发现冥王星之后地面观测太阳系而取得的又一项重大发现。先后发现的 9 个环分布在与天王星相距 4.2～5.16 万千米的范围内。为了便于研究，天文学家们按它们与天王星的距离由近及远地命名为 6、5、4、α、β、η、γ、δ、ε 环。说到环，人们马上就会想到它应该是圆的，但研究表明，至少天王星有 6 个环并不圆，而且它们各处的宽度也不同，比如 ε 环的





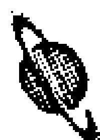
最宽处近百千米，而最窄的地方仅有二三十千米。天王星环大多很窄，宽度一般不过10千米，最宽的ε环也不过100千米。这些环离天王星太近，本身又太窄，再加上它们离我们十分遥远，所以人们在地球上很难看清楚它们的面目。不过没关系，在人类拥有了一双“自由飞翔的翅膀”后，来自地球的使者终于能飞临天王星，细细审视这颗大行星了。

1986年1月，美国的“旅行者2号”探测器从天王星身边飞过，结果又发现了两个新环带，从而使已知的天王星环增加到11个。木星、土星、天王星和海王星的物理性质有许多相似之处，因此被称为类木行星。正是由于这个缘故，在天王星环和木星环被发现之后，人们马上就想到，既然海王星与这些行星有这么多相似的地方，那么它会不会也有光环呢？但是海王星比天王星还要远，只凭双眼和天文望远镜很难找到它的光环——如果光环的确存在的话。但掩星事件却给天文学家创造了不止一次的机会。

1982年6月，美国宾夕法尼亚州比得诺瓦大学的天文学家奎南宣布，他的研究小组在整理1968年对海王星掩恒星BD－17°438.8的观测资料时发现海王星可能有光环。在紧随其后的1983年6月15日和1984年7月22日，先后两次掩星事件使天文学家得以验证上述消息的虚实。拿1984年发生的那次掩星事件来说，虽然整个过程仅仅持续了1秒钟，但天文学家却从中捕捉到了一个十分有用的细节：距离海王星约7.6万千米的一个弧状物遮掩了远处的恒星。一些天文学家认为这个弧实际上是一段不完整的环，它的宽度不过一二十千米，正在离海王星76400千米的轨道上绕海王星运行。

“旅行者2号”再次帮了天文学家的大忙。1989年8月，“旅行者2号”飞临海王星，发现了6颗海王星卫星和5个暗淡的光环。





它还证实，以前人们所知的不完整的环其实还是完整的，只不过环上物质分布不均匀，才使得光环看上去好像是间断的。

四、悬案：有水内星和冥外星吗？

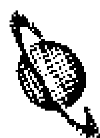
在太阳系九大行星中，水星距离太阳最近，那么在水星轨道与太阳之间还有一颗尚未露面的大行星吗？早在 1846 年海王星被发现之后，法国天文学家勒维烈就曾提出过这样的问题。事情开始于水星的异常举动。

1859 年，勒维烈研究了水星近日点的进动，结果发现测量值与牛顿定律计算出来的理论值并不一致，前者比后者每世纪快 38″。12 年前，勒维烈曾根据天王星的“越轨行为”成功地预言了海王星的存在。在发现了水星近日点超常进动后，他立刻联想到了 13 年前的往事，于是他推测，也许在水星轨道之内还有一颗未知的行星，它的存在使水星的举动发生了异常变化。就在这一年，一位法国医生报告说，他看见了一个黑点经过日面。莫非这就是那颗未知行星？勒维烈为它起名“火神星”，因为他猜想这颗行星的轨道离太阳很近，它的温度势必很热。勒维烈随后计算了它的轨道及它下次凌日的时间，但它后来却再也没有被人看见。1915 年，爱因斯坦用广义相对论考察了水星近日点进动，从而为水星的出格举动找到了最完美的解释(这段往事详见第六章)。

真相于是大白：所谓的“火神星”原来并不存在。至此，火神星事件似乎可以结束了，但是事情的发展却远不是这么简单。

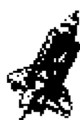
即使水内行星真的存在，要找到它也是难上加难。它离太阳太近，因此从地球上看，它几乎与太阳同升同落，在强烈的日光辉

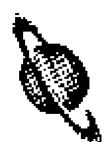




映下，它根本无法展露自己的光彩。但日全食发生的时候，却是一个寻找水内星的机会——虽然时间上短暂了一些，但寻找水内行星已成为日全食发生时的一个观察项目。1970 年 3 月和 1973 年 6 月的日全食发生时，有人报告说发现了水内行星，但是真是假，目前尚未得到证实。

冥王星是九大行星中距离太阳最远的一颗，在它于 1930 年被发现后，有人提出了与水内行星相类似的问题：是否存在冥外行星。提出这样的问题当然不是没有道理的，因为根据理论上的计算，太阳系的空间范围至少在 4500 天文单位，但冥王星与太阳的距离仅为 40 天文单位，这就是说，九大行星所占的范围还不到理论值的 1%，在冥王星之外还有着十分广阔的空间，在那里，是否还会有大行星出没呢？从对彗星轨道的研究，人们发现，有些彗星是与某一行星有着密切的关系的，比如说木星族彗星的远日点与木星轨道十分接近。而以往的观察发现，在距离太阳 38～45 天文单位的地方聚集着 8 颗彗星，它的轨道倾角都很大，而且其中几颗彗星的近日点经度几乎相同。这些共同点使人们意识到，它们是不是同冥外星有什么关系呢？当然如果存在冥外行星，它们将会比冥王星更加暗弱，行动也更加迟缓，这就给寻找它带来了一定的难度，因此科学家们也在尝试用光学以外的方法去寻找这颗未知行星。比如说美国海军天文台曾用计算机协助调查。海王星和冥王星的运动中目前尚有一些无法解释的异常现象，于是这个天文台和科学家们就利用这些疑点推算了未知行星可能的轨道。不过当他们在预报的位置去寻找它的踪迹时却是一无所获。是计算失误，还是用目前的望远镜无法看到它，抑或是这颗行星根本就不存在？谜底尚未揭开。



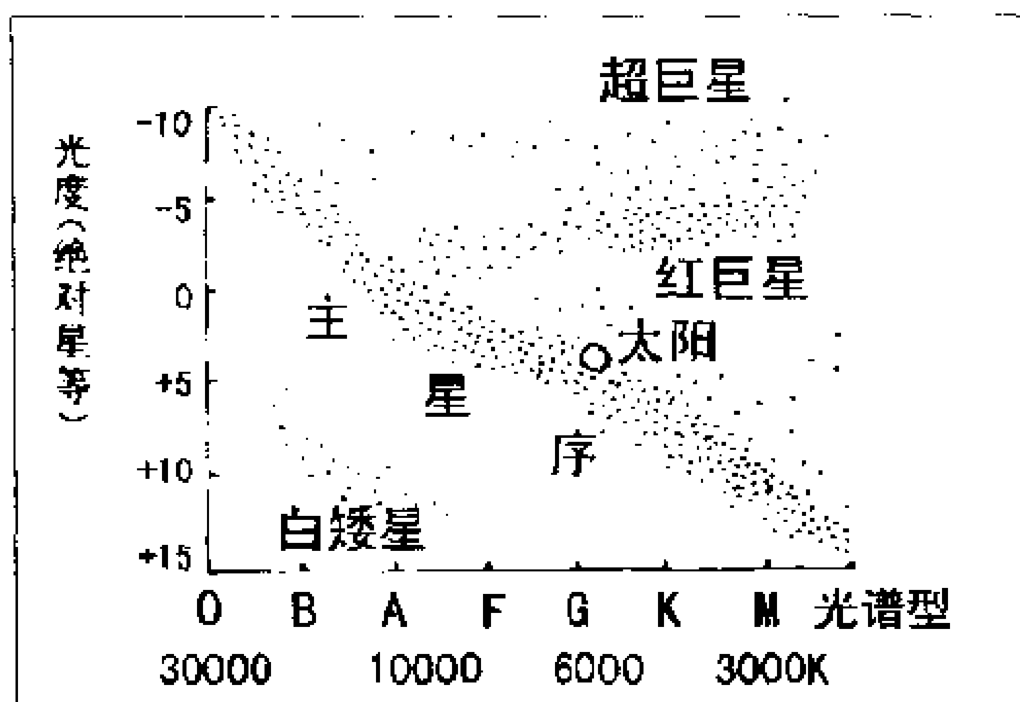
 第三章 恒星的一生

数不清的恒星构成了我们身处其中的银河系，我们的太阳只是庞大的恒星系统中的普通一员。除了太阳以外，其它的恒星都离我们十分遥远，但这并不妨碍我们去认识它们、了解它们。事实上，恒星可以说是我们最熟悉的一种天体，天体物理学的最初成就就是在恒星研究中取得的。同时，由于天体物理学的发展，天文学家们不再满足于仅仅认识恒星的位置，而更想了解它们本身，比如它们的温度、光度、质量、内部结构、能量来源等等。不仅如此，天文学家们还借助各种方法去探讨恒星的演化之谜。可以说，20 世纪的恒星世界为天文学家提供了施展才华的天地。

一、赫罗图

20 世纪初，来自丹麦和美国的两位科学家在相互不知情的情况下，分别展开了对于恒星的研究，结果产生了一张坐标图。这份对日后恒星演化理论的发展有着重要意义的图表就是赫罗图。图表的命名取自两位科学家的名字：赫茨普龙和罗素。他们的成绩显然得益于天体分光术和照相术在 19 世纪下半叶的兴起与成功实践。在那时，利用照相手段研究光谱的工作也发展起来，一些恒星光谱表的相继刊布为日后的研究工作铺就了最初的道路。当它日益成熟后，天文学家开始将恒星按光谱型分门别类，于是根据恒星光度光谱型来解读恒星演化之谜的想法就在这样的

七壤上慢慢地滋长起来。

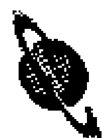


赫罗图

1868年，意大利天文学家赛奇——他的职业是神父，但他一生对天文学做出了许多重大贡献——公布了一份包括4000颗恒星的星表，表中把这些恒星按照光谱分成4类：白星，它们的光谱中只有少数几条谱线；黄星，其光谱与太阳光谱十分相似；橙红星，它们的光谱中出现明暗相间的宽阔光谱带，向着红端逐渐减弱；深红色的星，它们的光谱特征与第三类恒星的光谱恰好是相反的，在红端呈现出宽阔的光谱带，向紫端谱带逐渐减弱。

1874年，法国天文学家赫尔曼·卡尔·沃格尔提出了一种比赛奇的方法更为细致的光谱分类法。他把7等星以内的星系统地进行了分类，1883年与瑞典天文学家当内尔合作发表了一个包括4051颗星的分类表。

在对恒星光谱研究的基础上，天文学家们开始着手探索恒星的演化之谜。以沃格尔为代表的大多数天文学家认为，恒星从热



蓝星逐渐冷却，最后成为红星。但英国天文学家洛基尔的观点则与众不同。1888年，洛基尔提出一个恒星演化模型，指出恒星从冷的星云状态开始收缩，温度逐渐升高，由红渐渐变蓝，当温度达到极大值后便逐渐冷却并收缩，成为体积很小而高密度的红星，直到最后熄灭。他的观点为在他之后从事恒星演化研究的天文学家提供了线索。

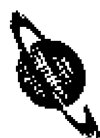
1897年，哈佛大学天文台刊布了A·C·莫里的恒星光谱表，她分恒星光谱为22型，每型又细分为7级，并用符号a、b、c表示细节上的差异。此分类法是以后二元光谱分类的先驱，但哈佛大学的同事们对莫里的分类并不感兴趣，他们认为这种分类超出了当时他们拍摄恒星光谱时所用的物端棱镜能分辨的极限，有着人为的因素，而且过于繁琐。

1901年，哈佛大学天文台的另一位女天文学家A·J·坎农的分类法公布，她按照恒星的表面温度安排了主要光谱类型的顺序。从温度最高的O型星开始，构成了如下序列：O－B－A－F－G－K－M。当时为了便于记忆，有人利用这些字母编了一句话："Oh! Be A Fair Girl, Kiss Me."此后，哈佛又把每个光谱型更加细致地划分成10个次型。这种分类法被称为"哈佛分类法"，直到今天仍被世界各国天体物理学家广泛使用。

莫里分类法没有得到她的同事们的认可，却引起了赫茨普龙的浓厚兴趣。事实上，正是这份包含有681颗亮星的星表为赫茨普龙日后关于恒星光谱型与光度关系的研究奠定了基础。

1873年10月8日，赫茨普龙出生在丹麦腓特烈斯贝，他的父亲早年毕业于哥本哈根大学天文系，获硕士学位，但毕业后却在天文学界找不到工作，于是到政府财政部门就职，后来升任丹麦人寿保险公司总经理，不过对天文学的爱好却一直保持着。在父



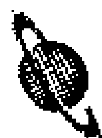


亲的影响下，赫茨普龙自幼就对天文学和数学有着浓厚的兴趣。但是由于在天文界求职受挫，赫茨普龙的父亲不愿意让儿子学习天文和数学。1898 年，赫茨普龙从哥本哈根工学院毕业，成为一名化学工程师。1901 年，他在著名化学家奥斯特瓦尔德的实验室从事光化学研究。对天文学的爱好使他最终回到了天文学研究领域。1902 年，赫茨普龙进入哥本哈根大学天文台工作。光化学研究经历使他在深入探讨照相测光和恒星光谱的研究工作时要比当时其他天文学家更有优势。

1905 年，赫茨普龙以莫里星表为基础，运用统计的方法，探讨恒星光度与自行的关系。还在 19 世纪末的时候，英国天文学家吉尔等人就从对视差的研究中发现恒星光度存在巨大的差异；与此同时，爱尔兰天文学家蒙克则在研究了恒星光谱型与自行关系之后提出了他的恒星演化理论，他的结论后来被证明是错误的，但他的方法无疑体现了一种新思路。赫茨普龙的做法与蒙克的思路十分相近，但更严密，这种严密首先就体现在他对研究样品的精挑细选上。结果他发现，视亮度相同的恒星，莫里星表中各型的 C 次型恒星的平均自行要比其它次型小得多，这表明它们位于离我们更远的地方，但它们又与其它次型恒星有着相同的视亮度，说明 C 次型星比其它次型星实际亮得多，也



赫兹普龙



就是有着更大的光度。赫茨普龙将这些光度很大的星称为巨星，而将其它那些光度较小的星称为矮星。

在这项工作进行的同时，赫茨普龙还利用莫里光谱表中19颗昴星团成员星首次研究了光谱型与星等的关系。我们已经了解，星团本身尺度同它到我们的距离相比起来是很小的，由此可以认为星团中的所有成员星与我们的距离大致相等。这样就能直接利用这些成员星的视星等进行研究，而不必再花费太多的时间去测定它们的绝对星等。这种做法让赫茨普龙省掉了很多麻烦，用最短的时间便切入了正题。1911年，赫茨普龙发表了经修订后的昴星团和毕星团的颜色－星等图。从这份图上可以看到，大部分恒星呈现出一种狭长的带状分布。

差不多就在赫茨普龙此项工作进展的同时，美国科学家罗素也正在做恒星距离的研究。他并不知道赫茨普龙的工作，但他的研究却证实了前者的发现。不过他采用的是与赫茨普龙截然不同的方法——照相法。



罗素

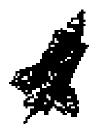
还是在学生时代，罗素就从导师杨的教材中知道了洛基尔的演化模型，杨认为洛基尔的学说值得关注，因为它与当时J·H·莱恩和A·里特的理论研究结果一致。莱恩和里特认为恒星是气体球，以引力收缩为能源，在最开始的时候，它

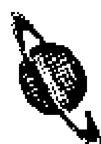




们的密度很小，在收缩过程中温度逐渐升高，当密度达到某一定值时，星就开始冷却。纵观恒星的一生就会看到其演化的主线便是不断收缩，密度越来越高，而温度则先升后降。这个顺序正好与洛基尔提出的演化过程相符。在导师的影响下，罗素对洛基尔的演化图也产生了浓厚的兴趣。1903 年，正在英国剑桥大学学习的罗素得到华盛顿卡内基基金会的资助，开始在剑桥大学天文台任研究助理，与欣克斯一起开展用照相方法测定恒星视差的研究。在选择样品时，罗素可以说用心良苦：他们第一批挑选的 55 颗星中有 21 颗包含在 1902 年洛基尔刊布的恒星光谱表中，而且其中有 15 颗处于洛基尔演化图的底部。尽管没有直接说明，但这一切似乎在暗示，罗素进行视差测量的一个未公开的目的就是去研究洛基尔的演化图。

健康状况影响了罗素的研究工作，1904 年 9 月，身染重病的罗素不得不暂时中止了他的工作，但欣克斯最终完成了余下的观测任务，拍摄的恒星照相底片由罗素带回美国研究。为了测定视差，罗素对这些恒星的光谱与光度进行了考察，不久就发现各类光谱型中较亮的星，其光度比其它星要高，而大自行较暗的星，光谱型越晚，光度越小。1910 年，罗素公布了他的发现，这一结果与几年前赫茨普龙发现的巨星序和矮星序不谋而合。此后的三年间，为了弄明白巨星与矮星之间何以会有如此大的光度差别，罗素搜集并研究了更多恒星资料。到了 1913 年，罗素绘制出了已知距离的 300 颗恒星的光谱－光度图，不仅全面概括了他几年来的工作，而且证实了赫茨普龙的发现。这就是著名的赫罗图诞生的经过。在这幅图上，恒星的光谱型沿水平方向排列，而绝对星等也就是光度沿垂直方向排列。恒星在图上呈现十分有规律的分布：非常明亮的巨星分布在一个水平带上；在这个带的上面还有一些星，称超巨星；红色暗弱的 K 型星和 M 型星位于图的右下方；大部分的星分布在





从 B 型巨星到 M 型矮星的一个斜行对角线上，这个斜行对角线叫做主星序。位于主星序上的恒星叫主序星。太阳就是一颗光谱型为 G 型的主序星，它位于主星序的中央。

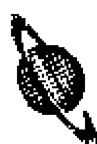
在随后的日子里，罗素进一步考察了恒星质量、密度以及表面亮度对其光度所能产生的影响。结果他发现，巨星与矮星之间光度的差异不是由于质量不同，而是因密度差异而造成的。在此基础上，罗素提出了恒星演化的理论。他认为，在恒星刚刚诞生的最初岁月里，它们是一些体积很大、密度很小的 M 型红巨星，随着自身引力收缩，它们的密度日益增大，温度随之上升，颜色也逐渐变白，它们沿着巨星序从右向左移到主星序上端。进入主星序之后，引力收缩逐渐变慢，当收缩所产生的热量再也无法弥补辐射引起的能量损失时，恒星的温度开始下降，同时恒星的收缩还引起表面积的减小。这些都使得恒星光度下降，于是恒星又沿着主星序下移，最后以 M 型红矮星而告终。

罗素的见解曾受到不少人的赞同，但它最终却没能经得住时间的考验。问题出在一种名叫“白矮星”的天体身上。1914 年，罗素绘制了一份赫罗图，图的左下角有一颗光度特别小而表面温度却很高的星波江座 40B，它卓而不群的个性本该引起重视，然而在当时，罗素却仅仅把它当作是绘制的位置有误而没有对它给予太多的关注。在解释这种奇特的星时，罗素的理论显得无能为力。那么，白矮星何以会如此“出众”呢？

二、白矮星

德国天文学家、数学家弗德里希·威廉·贝塞尔曾在 1834 年





和1840年对天狼星和南河三进行了观测，结果发现它们的自行呈波浪起伏状变化。这种不规则变化引起了贝塞尔的注意，他认为这是引力作用造成的，他对此解释说，天狼星和南河三各有一颗尚未被发现的伴星存在，伴星与主星围绕其引力中心旋转，形成双星；双星相互绕转，从而使这颗主星的自行呈现出不规则变化。

贝塞尔的预言于1862年首次得到证实。这一年，美国光学制造家阿尔万·克拉克(1804～1887)父子为美国数学家弗雷德里克·奥古斯塔斯·波特·巴纳德磨制两块47厘米的透镜，在对其进行测试时，克拉克的小儿子阿尔万·格雷厄姆·克拉克（1832～1897)用其中的一块透镜发现了天狼星伴星(它是第一颗被证认的白矮星)，这一发现使他获得了法国科学院奖章。1896年，南河三伴星也被发现了。白矮星就这样以一种特殊的方式登场亮相了，而以后的发现则更进一步证明，它的确是一种特殊的天体。

1914年，也就是那颗“出众”的小星星在罗素的赫罗图上出现的同一年，美国天文学家亚当斯研究了天狼伴星的光谱。不久他就发现，光度只有天狼星万分之一的天狼伴星，其光谱中却有一些只有在高温下才能产生的特殊的吸收线，这说明天狼伴星表面温度很高。现在的问题是：既然它们很热，为什么它的光线却如此暗淡呢？10年后，英国科学家爱丁顿找到了问题的答案。爱丁顿是一位出色的相对论研究者，他曾对太阳能量做出十分精彩的推测，而他最卓越的贡献是关于恒星内部结构的理论。他从揭示恒星内部构造开始，进而提出恒星质光关系曲线，并揭开了这些神秘恒星的面纱。

19世纪下半叶，科学家们已将探索的触角伸向了恒星内部，比如前面提到过的美国科学家莱恩和来自德国的里特就曾在这方面做过一些尝试。到了20世纪初，已有越来越多的人加入到这个



行列中来，他们所提出的理论当然也各不相同，其中最有代表性的是埃登姆和史瓦西。1907 年，德国天体物理学家 R·埃姆登在他的《气体球》一书中，对早期的研究做了总结。当时，包括埃姆登本人在内的一些科学家倾向于认为，恒星内部能量向外传递的主要方式是对流。而来自德国的天体物理学家史瓦西则对此持不同见解。他在 1906 年提出恒星外层大气的辐射平衡理论，明确指出辐射在恒星大气热能转移中占主导地位，他是最早认识到这一点的人。这一理论后来被爱丁顿延伸到了恒星内部。

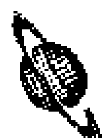
1916 年～1917 年，爱丁顿在他的论文《恒星的辐射平衡》中指出，恒星是核心具有能源的灼热气体球，其能量由内向外转移的主要方式不是对流，而是辐射。他还假定，通常恒星内的物质处于理想气体状态，向内的引力和气体压力与向外的辐射压力相平衡，从而建立了辐射平衡理论。



爱丁顿

1924 年，爱丁顿运用恒星辐射平衡理论推算出一个十分重要的关系式。他指出，为了平衡引力，质量大的恒星内部温度必然很高，燃烧的速度必然很快，所以质量大的恒星比质量小的恒星亮。他将他的研究结果与实际观测两相比较之后，绘制成了一份曲线图。它所反映的是恒星的质量与光度之间的关系，因此得名“恒星质光关系曲线”。根据这一曲线，主序星的光度大致与恒星质

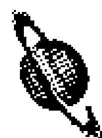




量的三次方成正比。这使人们认识到，恒星在主星序中所处的集团不同，它们的质量也是不会相同的。比如说，位于主星序上端的恒星，其质量可以高达太阳质量的10倍以上，而位于主星序下端的恒星，其质量将小于太阳的十分之一。恒星质光关系式的建立使爱丁顿在研究像天狼伴星这类光度很低而表面温度却很高的恒星时有了新的工具。在1924年发表的同一篇论文中，爱丁顿将此类恒星称作"白矮星"，并指出它们的光度低是由于体积小的缘故。在经过一系列关系式的计算后，爱丁顿推算出天狼伴星的半径只有19600千米，甚至比天王星还要小，而它的质量却与太阳不相上下，爱丁顿据此得出了天狼伴星的密度竟高达每立方厘米53000克的结果。这样高的密度实在让人目瞪口呆。在《恒星与原子》一书中，爱丁顿曾描述了当时的情景："天狼伴星传来的信号把它的密码翻译出来是：'我的物质组成比你所遇见的任何东西的密度大3000倍以上，我的1吨重的物质小到可以放到火柴盒里'。谁能够回答这个信息呢？我们中大多数人的回答是：'住嘴，别胡扯。'"但爱丁顿却认为这样高密度状态是可以通过测定来自天狼伴星光谱线的引力红移来验证的。爱因斯坦的广义相对论曾预言：一个具有正常强大引力场的光源所发出的光线，会向红端移动，称"爱因斯坦红移"或引力红移。1925年，亚当斯在威尔逊山观测时，果然在天狼伴星的光谱中找到了谱线的这种移动。

观测的结果同时证明了广义相对论的正确和白矮星上高密度物质的存在，但是在理论上，这样高密度的物质真是无法理解的吗？

1925年春天，一位与世纪同龄的奥地利青年提出了一个令世界物理学界瞩目的原理：在一个原子中不能有两个或更多的电子处在完全相同的状态。这条原理因它的提出者而被命名为"泡利不



相容原理”。它使人们得以了解白矮星的本质:原来,它们的高密度并不奇怪,而仅仅体现了一种全新的物质状态。恒星演化到晚期,核反应渐渐停止,此时星体温度下降,再也没有力量来平衡自身的引力,于是星体中的残留物质在引力作用下发生猛烈的收缩,这被称为引力坍缩,这种巨大的力量把组成星体的原子都压碎了,电子被挤到原子外面,原子核与原子核紧紧地挤在一起,处于这种状态下的物质称为“简并物质”。根据泡利不相容原理,紧紧压挤在一起的电子不可能有相同的速度。星体中电子的数目越多,质量越大,速度最快的电子运动得越快,其向外的压力也就越大,由此而形成一种“电子简并压力”,它与恒星的引力相抗衡,使恒星处于一种新的平衡状态。这样形成的天体就是白矮星。这就是美国科学家福勒提出的白矮星理论。

理论与实际观测都为白矮星高密度物质的存在提供了佐证,但现在的问题是:所有恒星引力坍缩都将形成白矮星吗?在很长一段时间里,人们的确是这样认为的。当时,爱丁顿建立的“恒星标准模型”认为恒星的质量与其演化结果是没有关系的。这一在当时各种恒星结构理论中居于主导地位的理论几乎有着压倒一切的权威性。但是也有反对之声,这声音来自印籍科学家钱德拉塞卡,当时他正值20出头的年纪,是爱丁顿的研究生。

苏布拉马尼扬·钱德拉塞卡 1910 年 10 月 19 日出生在印度拉合尔（今属巴基斯坦）。他幼年时就表现出对数学的兴趣和才能。在印度马德拉斯大学读书期间,他不仅是物理系的优等生,还旁听了数学系的课程。那时他已阅读了大量物理学前沿书籍和文章。1933 年,钱德拉塞卡获剑桥大学物理学博士学位,1937 年移居美国。他在天文学、天体物理学等领域的杰出贡献使他于 1983 年荣获诺贝尔物理学奖。





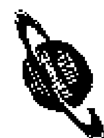


钱德拉塞卡

钱德拉塞卡关于白矮星的思考开始于1930年。当时,20岁的他从大学毕业后前往英国剑桥跟随爱丁顿学习。在三个月的航海途中,他完全沉浸在他的物理世界中。他随身携带的三本书:爱丁顿的《恒星内部结构》、A·H·康普顿的《X射线和电子》以及索末非的《原子结构和光谱线》在他漫长旅途中与他日夜相伴。

还在上大学的时候,钱德拉塞卡就对福勒的白矮星理论表现出特殊的兴趣,在此番赴英途中,他对白矮星进行了反复的思考和计算,意识到这些坍缩的恒星其质量应该有一个上限,当质量大于这个极限时,它就不可能发展成为白矮星。

我们已经知道,恒星在其演化晚期,耗尽了所有的燃料之后就开始变冷并在自身引力下开始收缩,从而使内部的原子核紧紧挤在一起,这时电子就会形成一种简并态的"气体",称"简并电子气",它所产生的电子简并压与自身引力相抗衡,阻止这种猛烈的引力收缩,从而形成高密度天体——白矮星。质量越大的恒星其引力也就越大,而钱德拉塞卡想要了解的是,多大的恒星可以继续对抗来自自身的引力,而不致在太大的引力作用下发生灾难性的坍缩。从量子统计力学可以得出气体压强与物质密度之间的关系,这通常被称为物态方程。钱德拉塞卡利用完全简并的电子气体物态方程建立了白矮星模型,并于1932年推导出白矮星的质量上限是



太阳质量的1.44倍，这就是著名的钱德拉塞卡极限：当一颗恒星的质量在这个极限之下，它最后就会停止收缩而变成一颗高密度的白矮星；而当它的质量超过这个极限时，不相容原理引起的排斥力就不能阻止恒星的引力坍缩。这一结果意味着不同质量的恒星有着不同的归宿。

钱德拉塞卡于1934年最终完成了他的白矮星理论，并向英国皇家天文学会提交了他的研究成果。如今，这种晚期恒星演化理论已成为天体物理学中的基本常识，然而由于它违背了当时流行的恒星模型，因此，在诞生之初，它必须面对许多权威学者的压力，其中包括来自他的导师爱丁顿的反对。但钱德拉塞卡顽强地顶住了这些压力。随着时间的推移，其正确性已日益显露，这使他于1983年成为诺贝尔物理学奖得主，获奖那天正好是他73岁的生日。此时，距离他20岁那年的航海旅程已过去了整整53年。53年间许多事都在改变，但钱德拉塞卡却始终执著于他对宇宙之谜的探索。他曾说："我的研究都是为满足自己的好奇心而做的，它们大多离热门题材很远，所以研究成果通常必须经过一段时日才被认定。"如果深究他何以能面对权威的反对而毫不退缩的话，这段表白或许是一个重要的原因。

如果从最简单的角度去理解钱德拉塞卡极限的含义，我们至少可以获得这样一条信息：白矮星并不是恒星惟一的归宿。那么，当恒星的质量大于太阳质量的1.44倍时又会发生什么呢?

三、新星 超新星 中子星

很久以前，由于哲学家亚里士多德说过天体是不会变的，所以



那时的人们并不把新星看作是星辰，而将它当作是大气中的一种爆发或燃烧现象。然而到了1572年的时候，这种情况却发生了变化。这一年的秋天，一颗超新星出现了，它是如此明亮，以至于在白天也同样可以看到。人们希望利用测定位移的方法来了解这颗星与我们的距离，所依据的方法其实很简单：如果这个天体距离地球不远，那么当它在夜晚的天空经过时，它应当相对于其附近的恒星发生位移。比如说：月球从天顶到地平时相对于它周围的恒星移动了1°，如果这颗超新星比月球还近，它的位移应当大于1°。然而人们用了各种方法都无法测出这颗星的一点位移，包括当时最有名望的天文学家也都如此。这表明这颗星要比月球远得多。同时由于这颗星也不参加行星的运动，所以它应该是恒星之类的星辰，这一结论明显动摇了亚里士多德的学说。但这还只是这颗超新星引出的故事之一，另一段故事的主人公是以后成为著名天文学家的第谷·布拉赫。这位出身于贵族家庭的丹麦青年尽管对天文学有着浓厚的兴趣，但父母却坚持认为他应该学习法律。1572年11月11日的日落时分，第谷也许是在不经意间抬头看天，这一瞥便使他将目光锁定在他所看见的那片天空。因为他发现在仙后座中有一颗十分明亮的星。由于自幼便喜欢观察星空，第谷对星星的位置可以说是了如指掌，但这颗星却是他所不熟悉的，它的亮度远远高于其周围的星星。它的出众激起了第谷强烈的好奇心，他对它进行了连续观测，这项工作一直持续到1574年初。1573年，当他的有关这颗星的观测结果的论文《论新星》发表之时，这颗星依然闪亮在星空中。后来这颗星就以第谷的名字命名（它被叫作第谷超新星）；而对于第谷本人来说，这一次的成功实践也使他从此坚定地踏上了天文学研究的道路，并对哥白尼的理论的最终胜利做出了重大贡献。

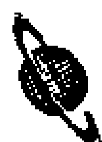


新星和超新星并不真的是一种新的恒星，而只是一些原来很暗弱、由于某种原因其亮度突然增强而形成的现象。我们常常爱用“新星”来形容那些才华出众、崭露头角的人，但是如果从实际的角度来看，“新星”的称谓似乎更适合那些大器晚成的人，原因很简单，这些异常明亮的星星都是处于暮年的恒星。恒星演化晚期，它的内部已经变得非常不稳定，如果内部温度升得太高太快，往外的压力就会大于它自身的引力从而使恒星膨胀，有的恒星内部温度上升过快，这种膨胀就会成为一场大规模的剧烈爆发。这会使恒星的亮度突然增强几千到几万倍，成为一颗“新星”；有的亮度则增强几亿倍，由此形成的便是“超新星”，它增亮的程度比新星大得多，一颗爆发的超新星能够发出比一个由数十亿颗恒星组成的整个星系还要亮的光。然后当它耗尽了核燃料之后又会慢慢地暗下去。这种突然明亮之后又渐渐暗淡下去的特征如同星空过客一般，所以我国古时称这类天体为“客星”。那时，我国对这些星空中的“不速之客”有着相当丰富的记载，堪称世界之首。从商朝到17世纪末，我国史书共记载了新星、超新星大约90颗左右，其中大约12颗属于超新星。

超新星当然是最壮观最激烈的天体物理现象，但却难得一见，平均起来一个星系中每1000年才出现两三颗超新星。那么在超新星以它的生命之光点亮天空之后又将发生什么呢？这个话题暂且放在一边，我们先来看看30年代初的物理学实验室里发生的故事吧。

20世纪初，在卢瑟福和玻尔的原子模型相继诞生后，物理学界对原子研究的兴趣日渐升温。但一些科学家在实验中发现，原子核的正电荷数同它的质量竟然是不相等的。这意味着原子核除了带正电荷的质子之外还应该有其它的粒子，但它们是什么呢？

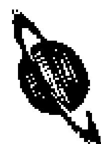




此后不久，玻特和贝克用 α 粒子轰击铍时发现了一种穿透力很强的射线，他们以为那是 γ 射线，因此没加注意。时间一晃就是四年。1931 年，居里家族的第二代诺贝尔奖伉俪——约里奥·居里夫妇宣布了他们的一项新发现：石蜡在"铍射线"照射下产生大量质子。此时正在剑桥大学卡文迪什实验室跟随卢瑟福从事粒子研究的查德威克立即意识到，这种射线很可能是由中性粒子组成的，而这种中性粒子便是物理学界苦苦寻觅的那些尚未现身的粒子。以后的实验证实了查德威克的想法。1932 年，查德威克在他的实验室里发现了这种质量与质子一样的粒子，它们不带电荷，因此他称它们为"中子"。

这就是中子被发现的曲折与幸运交织的过程。据说，在这个消息宣布仅仅几小时后，苏联物理学家朗道便立刻联想到了另一个问题：宇宙中可能存在着完全由中子组成的致密星体，它们的体积很小，而质量却是异乎寻常的高，而且几乎没有光亮。这是关于中子星的最初预言，而关于它的更多的预言则是德国人巴德和美国人茨维基共同做出的。对新星和超新星的研究使他们眼前一亮，在 1934 年发表的一篇短文中，他们这样写道："超新星是从普通新星向中子星的过渡。所谓中子星，就是恒星演化的最终阶段，它由紧挤在一起的中子构成。"他们于是把中子星与超新星联系起来提出了中子星的假设，认为超新星爆发是双向演化的，一方面它们会抛出足够的外部物质，以减少自己的质量到极限之下，另一方面内部物质收缩为致密天体。1939 年，美国物理学家奥本海默等人对中子星的结构做出了详细的计算，提出这种星温度极高，密度极大，可达每立方厘米 1 亿吨以上，在这样的条件下，全部电子都与质子中和成为中子。根据这些预言，中子星的直径只有几十千米，质量却比太阳还要大。在人们刚刚相信了白矮星的高密度物质的确存





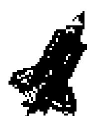
在之后不久，这一更高的密度简直令人瞠目结舌。因此在中子星被预言的最初，科学家们对此并未给予太多关注，有人甚至嘲笑这种预言是荒诞不经的。然而时隔 30 多年后，中子星却真的被找到了。

1967 年，英国天文学家休伊什和他的研究生贝尔收到了来自狐狸座的脉冲信号，发出这种信号的脉冲星后来被证实为中子星。

现在我们知道除了白矮星之外，恒星的另一种归宿就是中子星。那么，什么是中子星呢？恒星的质量越大，引力也就越强。初始质量大于 1.44 个太阳质量的恒星其晚期核心的引力坍缩更为剧烈，从而使星体内部组成原子的全部粒子紧紧挤在一起，电子被挤进原子核内，与质子相互结合转化为中子，并且达到简并态。恒星的外层物质随着剧烈的超新星爆发而被抛向星际空间，只剩下由简并中子气压力支撑的核心。此时，在中子星内部，中子星简并压力与星体自身引力相抗衡，阻止星体进一步坍缩。中子要比电子重 1800 多倍，因此中子的简并压比电子的简并压大 1800 多倍。这样看来，最终坍缩成为一颗中子星的恒星其质量也应该有一个上限，但这个临界质量值目前尚未确定，据认为不会超过三个太阳质量。

根据巴德和茨维基的预言，中子星产生于超新星爆发。这也是在 20 世纪 60 年代才得到观测证实的。不过在此之前，美国人哈勃在研究了中国古代对“客星”的记录后曾对此有所论述，但在当时并未引起什么重视。

我们已经知道，中国古代对新星和超新星有着十分丰富的记载，其中最著名的一次超新星爆发发生在 1054 年。在《宋会要》中这样写道：“嘉祐元年三月，司天监言客星没，客去之兆也。初，至和元年五月，晨出东方，守天关，昼见如太白，芒角四出，色赤白，凡

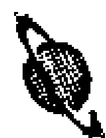


见二十三日。"可见这颗出现在金牛座ζ(天关星)附近的超新星爆发是如此激烈，即使在大白天也清晰可见，在走过长达两年后才逐渐变暗。

时间进入19世纪中叶。1848年，英国天文爱好者罗斯伯爵利用他的183厘米反射望远镜观察了《梅西耶星云表》中的"头号种子"，结果发现，M1是一个形状不规则、云雾状的斑点，其中布满不规则的明亮细线。这使罗斯联想到了螃蟹，于是他把它叫做"蟹状星云"，这个名字一直沿用至今。

金牛座超新星与蟹状星云之间的关系，最早是由美国天文学家哈勃所揭示的。1928年，哈勃在发表于太平洋天文学会活页材料上的一篇通俗文章《新星或暂现星》中这样写道："光谱研究表明，[新星]爆发通常伴随着星云状物质的抛射，不过，偶尔才会碰上这样的情况：这颗恒星是如此之近，或者物质的数量是如此之多，以至于人们可以看见这些星云物质或者将它们拍摄下来，宝瓶座新星(1918年)即为一例，英仙座新星(1901年)亦然。蟹状星云，即M1，可能是第三个例子，因为它正在迅速地膨胀，而且膨胀的速率又要求它必须经历大约900年才达到目前的尺度。在古代天象记事中，在蟹状星云的区域内仅有一颗新星记录在案。这项记事是在中国的编年史中发现的，所载的新星位置与蟹状星云非常符合，其年代则是1054年！"

这意味着蟹状星云是超新星爆发中形成的星云，即超新星遗迹。不过由于这是一篇通俗短文，所以在相当长的一段时间里并没有受到专业天文学家的认真对待。多年以后，西方天文学家系统地搜索东方文献时，才对二者之间关系的证认引起了重视。1942年，荷兰人奥尔特和梅奥尔终于肯定地证实说，蟹状星云正是1054年超新星爆发的遗迹。事实证据是在26年后被找到的。



1968 年 11 月 18 日，美国阿雷西博射电天文台的天文学家 D·H·施泰林和 E·C·赖芬斯坦在蟹状星云和船帆座星云中发现了脉冲星，从而在观测上证实了中子星的确产生于超新星爆发。不过这个结果并不意味着所有的超新星都会产生中子星，在许多时候，超新星和中子星之间并没有什么必然的联系，也就是说，超新星爆发后不一定要产生中子星。

自 20 世纪射电天文学诞生以后，为了寻找射电源与超新星的关系，世界许多学者都对我国古代的新星、超新星记录做过研究。结果发现，在我国古代的 12 次超新星记录中有 7 颗以上对应着射电源。

四、黑洞

中子星的高密度令人目瞪口呆，但还有比中子星更惊人的天体。如果将更多质量加入到中子星中，中子星的引力就会相应地增加，当它达到中子星简并压无力与之抗衡的地步，星体将会继续坍缩，最终成为黑洞。

黑洞无疑是天文爱好者、科幻迷们十分感兴趣的现象。它是如此贪婪，使经过它的物质都会无一幸免地被它吞进肚里，连它自己所发出的光线也不放过。就是这样一种令人恐怖的天体却让许多天文学家十分着迷。

还在 18 世纪末的时候，天体力学的开创者、法国科学家拉普拉斯曾根据牛顿引力理论预言说，一个直径比太阳大 250 倍而密度与地球相当的恒星，其引力场足以捕获它所发出的所有光线，而成为暗天体。1939 年，美国物理学家奥本海默根据广义相对论证明，核燃料已经消耗殆尽并且完全冷却的大质量恒星必将无限坍

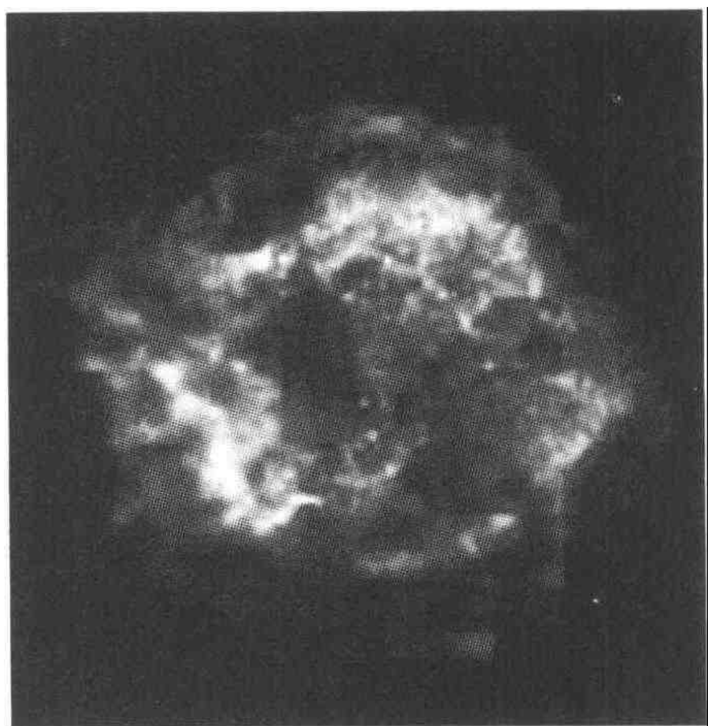


缩下去，最后成为黑洞。不过在那时，这样的天体是不可能被实际观测到的，而且在其他的科学家看来，奥本海默所建立的恒星模型太理想化了。

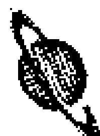
一晃20多年过去了，从60年代开始，关于黑洞的研究同时在理论和观测方面取得了突破。美国物理学家斯蒂林·科尔盖特和他的研究小组借助计算机模拟引力坍缩的整个过程，他们的研究成果于1963年被公诸于世，计算机的模拟结果使他们相信，引力坍缩可以产生黑洞。而现代恒星演化理论则认为，恒星在核能耗尽后，如果质量超过两个太阳质量，星体将无限坍缩而成为黑洞。

前面谈到，质量大的恒星引力就越强，黑洞的巨大引力使得要逃离它的最小速度已经超过了光速。那么既然连半点光线也泄露不出来，人们又如何去找到它们呢？这个问题早在18世纪时便有科学家考虑到了。

1783年，英国自然哲学家约翰·米歇尔就曾指出，黑洞仍会将它的引力作用到其周围的天体上。这一思路引导着天文学家们将寻觅的眼光投向了那些双星体系，也发现了一些相互绕转、相互作用的天体，但并非所有围绕主星运行、看不见的暗伴星



钱德拉X射线天文台拍摄的一颗名叫Casslopela A的超新星，它由一颗恒星在320年前爆炸形成。在这张照片上，科学家可以清楚地看到超新星中央附近存在黑洞的证据。



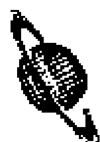
都是黑洞，这有一个衡量的尺度问题。当然也有一些令人振奋的消息。比如说，1970 年美国发射的 X 射线天文卫星“乌呼鲁”，它曾发现了百余个 X 射线源，其中有些是双星系统。最让科学家们感兴趣的是一个名叫“天鹅座 X－1”的 X 射线源，它同一颗编号为 HD226868 的蓝超巨星构成双星系统。从对光谱中出现氢和氦的发射线的分析可以得知，气体物质正不断地从这颗热超巨星流向它的看不见的伴星。通过观察那颗主星的轨道，人们可以推算那颗不可见星的质量至少是五个太阳质量。这么大的质量，它不太可能是中子星，更不会是白矮星，最合理的解释是：这是一个黑洞。不过，这个结果尚未得到最终证实。

除此之外，德美两国科学家目前正在合作研究一种不但能够“看到”黑洞，而且还能够“拍下”黑洞照片的方法。据德国马普兰协会在 2000 年 1 月 19 日发表的报告说，马普兰射电天文研究所的科学家正在与美国同行合作，利用计算机模拟技术处理黑洞周围的光线数据，为黑洞“照相”。此项技术的原理是，黑洞本身不发光，但它周围的背景却是亮的，这样经过对比就能发现黑洞的踪影，从而使人们可以观测到黑洞，而且可以对黑洞边缘的光子进行追踪。与此同时，马普兰研究所的天文学家还在研究一项新技术，借助射电干涉作用产生的短波在银河系中寻找黑洞。

科学家们认为，黑洞的最后确认还要依赖于对引力波的探测，有关这部分的内容在第六章中将会谈到，这里就不多言了。

五、恒星的诞生与成长

在不断的热核反应之后，核能日渐耗尽的恒星度过了忙碌的



一生。成长的岁月是难忘的，对于恒星来说也是如此，记忆中那些闪亮的日子里曾经发生过什么呢？

先来看恒星的诞生。浩瀚的星际空间并不是透明的，那里漫布着稀薄的星际物质，它们的平均密度大约在 10^{-24} 至 10^{-23} 左右，当它们凝聚在一起便形成了星际云。其中一些大质量的星际云，比如质量为 100 至 10000 个太阳质量的星际云，会产生巨大的引力，从而使自身迅速收缩，密度增大，而温度也会随之升高。更高的密度使引力进一步增强，这又会促使物质更快地聚集、温度更快地升高，不过它们的温度还没有热到足以发光的地步。这一阶段被称为快收缩阶段。在这个过程中，星际云会逐渐破碎成多个小云，这些小云以后将演化成为单个恒星。

在第一章中我们已经认识了红外天文学的威力，它的优势便是对于诞生之初的恒星的研究。而在红外天文学迅猛发展的 60 年代，这门新起的学科也果然不负众望：一些有趣的发现为了解恒星的形成提供了十分有用的观测资料，其中最重要的是 BN 天体和 KL 源的发现。BN 天体是在 1966 年由贝克林和诺伊吉保尔在猎户座中首先发现的，这在当时立即引起了不少天文学家的兴趣，他们研究后认为，这可能是一颗正在形成的原恒星。1967 年，就在这个红外源的附近，克兰曼和洛又发现了一种云雾状的红外展源，即红外星云。它的温度仅为 70K，科学家们认为它很可能是正在收缩为恒星的星际云，它被命名为 KL 源。十分有意思的是，在这个 KL 源中还发现了一些像 BN 天体的点源，这表明这一星际云正在破碎成许多小云，并收缩为单个的恒星。

80 年代红外天文卫星的发展也为恒星早期演化的研究提供了更多的观测资料。这指的是美国、荷兰和英国历时 15 年研制成功的世界第一颗红外天文卫星，它于 1983 年 1 月 25 日升空。由于

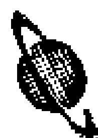


故障，它在天上仅仅呆了9个多月，但还是为我们送回了不少恒星诞生的信息：在仙女座中找到一些正在形成的恒星，在暗星云巴纳德5内找到4颗质量与太阳大体相当的形成中的恒星。

从星际云到原恒星所经历的路程是漫长的，而从原恒星演化到主序星也并非一蹴而就，不过这段成长的时间长短取决于这些原恒星本身的质量大小。质量大的演化得快，质量小的演化得慢。质量与太阳相同的原恒星要经历约7500万年才能演化到主序星，质量为15个太阳质量的原恒星走完同一过程仅仅需要大约6万年，而质量仅为太阳质量1/5的原恒星要到达主星序则需要17亿年。在这一阶段开始之初，原恒星的中心温度约在1万度以上，此时恒星的能源还是引力能，随着自身不断收缩，它的温度也在缓慢地上升，当中心温度上升到约1000万度时，里面的氢原子就会聚变成氦原子，星体在这种热核反应中释放出大量能量。核反应所产生的辐射压力阻止了星体的收缩，于是，恒星诞生了。在赫罗图上，它也有了自己的一席之地。那些质量大的恒星比质量小的恒星更热更亮，它们将进驻主星序的上部，而小质量的恒星则进驻主星序的下部。不过，并非所有的星都会演化到主序星阶段。当星体的质量尚不足太阳质量的7%时，其引力收缩根本无法让它的中心温度达到足以产生热核反应的程度，星体靠引力收缩发出的光亮不久就会熄灭。质量“先天不足”的星会夭折，但那些质量太大的星的命运其实也好不到哪儿去，因为它们的辐射压力将超过自身引力，这样的恒星将是不稳定甚至是不能形成的。

恒星在主星序上度过它的中年时期，而这段岁月的长短也会因为恒星质量不同而有所差异。质量大的恒星燃烧得快，它的核燃料不久就会耗尽，这使它们的青壮年时期相对于那些小质量的恒星要短暂一些。太阳在主星序上将停留100亿年，到目前为止，太





阳的路刚刚走完一半；而质量为 15 太阳质量的恒星，在主星序上的时间要短得多，仅为 1000 万年。

六、元素的起源

和太阳一样，处于主星序的一般恒星在它的青年时代所要从事的工作便是不停地将其内部的氢聚变成氦，放出能量。在这一轰轰烈烈的燃烧过程中，质量较大的氦逐渐沉淀到恒星的中央，而外层的氢则继续燃烧直到耗尽，这时氦核自身开始收缩，而外层物质则迅速膨胀且表面温度下降，因而颜色变红。同时，恒星表面积剧增，整个恒星发出的光因此大大增加。这种又红又亮的恒星叫红巨星。此时，这颗星在赫罗图上的位置正从主星序逐渐向右上方移动。

红巨星内部已经不像主序星那样稳定了，由于内部温度很高，这颗红巨星向外的压力会超过其自身的引力，从而使星体膨胀；但热物质膨胀也会有变冷的趋势，一旦变冷之后，它向外的压力又会减小，当它与自身引力相抵时，膨胀将会停止；当温度继续降低，星体又会收缩，而这又会促使星体重新升温、膨胀。这种膨胀与收缩的过程将是循环往复、周而复始地进行着的，这使这颗星很像一颗脉动的心脏，因此这类星被称为“脉动变星”。不是所有红巨星都要经过脉动变星阶段。有的恒星由于内部温度升得过高过快，随之而来的膨胀将一发而不可收，并最终演变成一场大规模的爆发，这就是超新星。

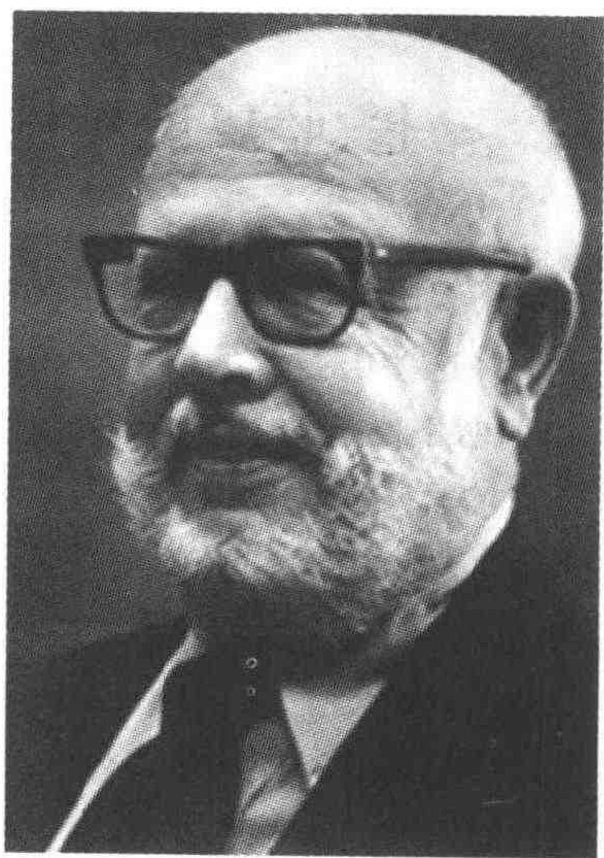
质量小于 1.44 太阳质量的恒星在经过红巨星或脉动阶段之后，往往会演变成行星状星云的中央星。行星状星云实际上就是中央星爆发时抛射出的物质构成的，而中央星在抛射物质之后，



会很快变成一颗白矮星。质量大的恒星在其演化的晚期则往往会经历超新星的阶段。在这一过程中，恒星的温度会越来越高，当它达到5000万度的时候，氦开始核聚变成碳，恒星于是获得了第二次生命：氦核完全变成碳后，核聚变重又产生，碳聚变成镍。以后还会依次聚变为氧、硅等元素的原子核，这时的热情也是空前高涨：高达4亿度，在这样的高温下，硅开始燃烧变成铁。这时的恒星便终于走到了生命的尽头，因为在它们的体内再也没有可以燃烧的东西了。无力与自身引力相抗衡的这些铁球开始了致命的坍缩。

这些爆发的星体可谓是巨大的重元素（除氢、氦之外的所有元素）制造工厂，因为当它们爆发时，会把大量的重元素向外抛射，这些物质以后渐渐地与原来已经存在的星际物质混合在一起。多年以后，它们又会形成第二代恒星，与第一代恒星不同的是，这些恒星中含有更多的重元素。

重元素产生于恒星的热核反应，这是英国科学家霍伊尔和玛格丽特·伯比奇、杰弗利·伯比奇夫妇以及美国天文学家福勒于50年代共同提出的。他们于1957年发表的论文因四个人的名字而被称为B^2FH。霍伊尔的名字在这里虽然被排在最后，但他却是这四个人中第一位提出重元素形成于恒星内部核反应的人。早在1946年，他就在一篇论文中阐述了这一观点。他说当一颗大质量的恒星耗尽其内



福勒



部的氢之后，它的核心将会坍缩，同时变得越来越热，并制造出重元素，如铁。当星核坍缩时，它会自转得更快，此时离心力将把它制造出来的重元素抛入星际空间并产生超新星。

此后不久，霍伊尔分别与美国人福勒以及英国剑桥的科学家伯比奇夫妇相识，开始了四个人最成功的合作。他们在论文中宣布说，几乎所有的元素都产生于恒星的内部。文章十分详细地阐述了每一种元素产生的过程。文章发表的时候，科学家们已经发现年轻恒星内部的金属性远远高于年老的恒星，而四个人的论文对此作出了很好的解释，因此一经发表便被人们广泛接受了。1983年，B^2FH中的福勒因为此项成就而获得了诺贝尔物理学奖，与他同年获奖的还有在白矮星研究方面做出卓越贡献的钱德拉塞卡。

七、蓝离散星挑战恒星演化理论

用天文望远镜观察星空，常会看到天上有许多星成群地聚作一团，这些由彼此的引力作用而互相联系在一起形成的恒星集团就叫星团。最早对这些恒星集团进行系统研究的是一位来自法国的天文学家，他叫梅西耶，一位著名的彗星观测家。他的最初的目的其实是为了更好地观测彗星：确定并计算出这些恒星集团的位置，以免与彗星发生混淆。但这却最终促成了一份很有价值的星云星团表的诞生。1781年，梅西耶列出了一张包含有103个云雾状天体的星表，这就是有名的《梅西耶星云星团表》。以后人们便根据星云在这张表中的位置，将它们简称为M1、M2……。到了1888年的时候，丹麦人德雷耶尔编成了《星云星团新总表》，简称





NGC，共记载了星云星团7840个；后来他又编出了NGC表的补编。从那以后，NGC就被公认为星云星团的标准星表。

梅西耶和德雷耶尔的星表中有相当一部分是星团，其中的一些分布在银河平面附近，成员星的数目从十个到上千个不等，它们彼此之间距离较大，用小望远镜就可以将它们分解成单颗星，所以这类星团被称为疏散星团，又因它们所处的位置而被称为银河星团。著名的毕星团和昴星团同属此类星团。还有一类星团则与疏散星团十分不同，它由几万颗甚至几百万颗恒星组成，这些恒星比较密集，中心部分尤为密集，即使用最大的望远镜也无法将这类星团的中心分解成单个恒星。由于这类星团的结构呈球状，所以它们被称为球状星团。已发现的银河系球状星团都分布在银晕中。球状星团是银河系中很老的一类天体，它们的年龄几乎与银河系的一百亿年相仿。一般认为，一个星团的所有成员都是由一个大的星际云产生的，因此具有相同的年龄和化学组成。然而在有些球状星团中心却有着一种特殊类型的恒星——蓝离散星，它们在赫罗图上出现在不该出现的位置，这似乎是向我们目前所知的恒星演化理论提出了挑战。

我们已经知道，赫罗图是研究恒星演化的重要工具。那么，如果将某一年龄的星团的成员星绘成一份赫罗图，将会出现什么样的情况呢？从理想的状态来说，星团中那些大质量的恒星演化快，它们停留在主星序上的时间较短，因此它们已经变成了红巨星，在赫罗图上则已离开主星序而拐向右方；小质量的恒星演化慢，它们仍然处于主星序中。由此每个星团都有一个标志年龄的拐向点，拐向点所对应的是某一质量的恒星。以这颗星的质量为基准，质量比它大的恒星将离开主星序拐向右方，质量比它小的则继续留在主星序。而在拐向点上方的主星序上应该没有一颗恒星。然而真实的

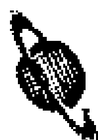




情况却并非如此。在大多数星团的赫罗图上，拐向点上方的主星序上总有几颗星在那里闪亮，它们的质量比拐向点处的恒星大2倍，而且比前者亮得多，但它们的寿命却仅为前者的五分之一。这些比其同伙更蓝更亮的恒星就是蓝离散星，它们与众不同的个性为它们蒙上了一层神秘的面纱。至今，它们的起源与演化仍是一个争论不休的谜。

一种说法提出，一般以为的星团的成员星都是同时产生的这种观点是错误的。星团中的恒星有可能是分批产生的，当星团已走过生命的五分之四时，蓝离散星才产生出来。根据这种理论可以推算出蓝离散星的质量分布，这已被观测所证实。但事情的发展并不像人们所期望的那样顺利。在几乎所有年轻星团中都找不到一丝恒星能持续生成的迹象。较为折衷的理论称，有些蓝离散星可能的确是星团晚期诞生的，但不是所有的蓝离散星都有着相同的身世。

第二种说法认为，蓝离散星是从密近双星中产生的。两颗星的质量都接近星团赫罗图拐向点恒星的质量，当其中那颗质量较大的恒星演化为红巨星的时候，未演化为红巨星的那颗质量较小的星就可能会脱离双星系统，并捕获红巨星的外层物质。在这一过程中，红巨星的质量将逐渐减小，而获得了对方大部分物质的那颗小星的质量却骤然增大，由此形成蓝离散星。近年来的一些发现似乎证实了这种说法，因为科学家们确实看到有些蓝离散星是双星。但他们同时发现，并不是所有的蓝离散星都是双星。而且，上述假说要求，蓝离散星的质量必须是拐向点恒星质量的两倍，这样才能得出恒星光度比拐向点恒星的光度大1到10倍的结果，但实际情况却是有相当多的蓝离散星要亮得多，质量也大得多。



除了上面的两种说法之外，还有不寻常氦燃烧假说、搅混假说等，它们在解释蓝离散星时也都各有长处与不足。目前，蓝离散星究竟是如何形成的还没有找到最终的答案，但有科学家认为，它的成因也许不是单纯用某一种理论便能解释的。

八、分光视差法测恒星距离

很久以前的人们曾经以为恒星离我们的距离都是一样的，但随着视野的拓展，人们渐渐放弃了这种看法。为了测定恒星的距离，天文学家们尝试了各种方法，19 世纪 30 年代，天文学家们突破了恒星周年视差的难题后，已经可以准确测定恒星距离。但是对于太遥远的恒星，特别是对于 300 光年以外的星星来说，这个方法就不适合了，因为此时测量误差已同视差相当，其测量结果也自然就失去了意义。为了测定更加遥远的恒星的距离，人们必须寻找新的方法。赫罗图的问世为天文学家们研究恒星的距离提供了一把更长的量天尺，这可以算是赫罗图所产生的一件不错的副产品。

晴朗的夜晚遥望星空，就会看到许多或明或暗的恒星。不过由于星星离我们有近有远，所以这时我们所看到的“或明或暗”并不代表这些星星本身的亮度。为了便于区分，天文学家们给这些星星的亮度强弱定出了等级，这就是星等。天文学家将星星看上去的亮度称为视亮度，直接由视亮度确定的星等被称作视星等。而星星在 10 秒差距(即 32.6 光年)处所应具有的星等称为绝对星等，它所反映的是星星的光度，也就是这些星星的真实亮度。恒星的距离 γ 与它的视星等 m 和绝对星等 M 之间存在这样的关系：

$M = m + 5 - 5\lg\gamma$。这样，只要知道恒星的视星等和绝对星等，就可以求出恒星的距离。

但是恒星到底有多亮呢？这个尺度最早可以回溯到公元前二世纪的希腊。当时，古希腊天文学家喜帕恰斯曾把肉眼所能看到的星分成6等，其中最亮的20颗被定为1等。星等数越小，这颗星也就越亮。可是一等星和二等星之间的差别有多大却比较模糊。从当时的条件来说，科学地测定天体的亮度也是不可能的。1856年，英国天文学家普森，系统研究了以往对恒星视星等的估算，感到在两个相差一等的恒星之间，其亮度之比约为一个常数。在他的建议下，这个常数被定为2.512，也就是说，每个星等的亮度都是次一等星的2.512倍。此后，美国哈佛大学天文台又规定小熊座λ星的视星等为6.55，以此来与其它星比较，可以得出太阳为-26.7等、天狼星是-1.4等。

恒星光度的确定不久也找到了办法。

赫罗图所反映的正是恒星的光度和光谱型之间的关系。它的创建人之一赫茨普龙在1911年的时候就曾利用恒星光谱去求恒星光度，此时的赫茨普龙与恒星距离的测定其实已是一步之遥，但遗憾的是，他并没有循着这个思路继续走下去，结果与成功失之交臂。三年后，美国威尔逊天文台的亚当斯和他的德国同行科尔许特（1883～1942）共同捕捉到了恒星给我们带来的这次机会。

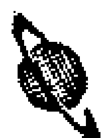
1914年，亚当斯和科尔许特发现，同样光谱型的恒星光谱仍存在有微小差别，某些光谱特别明显，经过深入研究，他们发现这是绝对星等造成的。他们于是想到，这可以成为求恒星距离的一条出路：首先拍摄恒星光谱，确定其光型，通过考察该恒星光谱中某些特定谱线的强度之比可以确定它在赫罗图上所处的位置，从



而定出该星的光度，此时，再用光度与它的视星等相比较，就可以求出这颗星的距离了。这就是分光视差法。由于这种方法是利用光谱分析法来进行的，因此对于所有可以测定光谱型的恒星，这个方法都将适用。

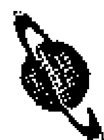
分光视差法使人们测量的恒星的范围从几百光年延伸到了几千光年，不过对于更加遥远的恒星，由于人们无法拍摄到它们的光谱，因此也就无法用分光视差法来测定它们的距离。幸运的是，造父变星在20世纪初被发现，对它的研究使我们又有了一把新的“量天尺”。（见第五章）



 第四章　重绘银河系图景

“几年以前，一位在城市长大的年轻天文学家，在亚利桑那一座偏远山顶用望远镜测量不同恒星的亮度，这种工作对天气的要求非常苛刻，因为即使一片极薄的云出现在恒星前面就会减弱星光，从而使观测结果毫无用处。因此，这位天文学家十分警醒，不断察看天空是否有云出现。当她厌恶地看到一大片白色云带逐渐移近时，她开始关闭望远镜的观测室。幸好另一位年龄较大、见识较广的天文学家及时相告：那一大片白色云带其实是银河！”这段有趣的故事出自美国哈佛大学天文学家肯·克罗斯韦尔所著的《银河系》一书。据说在几千年前，由于没有什么户外照明，银河在所在地方都十分醒目，几乎使人感觉触手可及。几千年后，当夜晚的星空被都市的霓虹淹没，那个曾讲述过许多浪漫神话的地方已在不经意间变成了一段陈年往事。

银河系，我们身在其中的庞大恒星系统，最早对它做出正确解释的人是古希腊哲学家德谟克利特，他说银河由无数恒星构成，但这些成员们是如此暗弱以至于肉眼无法将它们一一区分。至此，人类关于银河系的认识有了一个良好的开端。但十分可惜的是，在以后相当长的时间里几乎没有一位职业天文学家对银河系感兴趣，倒是一位18世纪的音乐家将人类的目光从太阳系拉向更广阔的银河系。

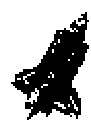


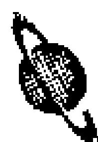
一、卡普坦宇宙

20 世纪之前，人们对银河系结构的认识基本上还停留在 18 世纪末 19 世纪初的水平。有关银河系的图景最早是德国的威廉·赫歇尔为我们描绘的。他本来是一位音乐家，但星空的旋律也同样令他着迷。他渴望了解宇宙的结构，于是他将他的望远镜指向了繁星闪烁的夜空。他将他的观测目标排成 683 个区域，然后利用望远镜观测，逐个数出所能看到的星数。这项工作开始于 1784 年。在 1083 次观测中，他共计数了 117600 颗恒星。通过如此繁复且枯燥的工作，赫歇尔确定了我们所在的这个巨大恒星系统的外貌大致呈透镜状，他还估计这个恒星系统中的总星数也许有几亿，当然这个数字与我们今天所知道的 1000 亿颗以上相比显然太小，但赫歇尔的工作依然有着它十分重要和特别的意义，因为正是由他开始，人类对宇宙的认识从太阳系扩展到了银河系。威廉·赫歇尔日后被尊为"恒星天文学之父"，他出色的工作业绩证明他是当之无愧的。

在赫歇尔之后相当长的一段时间里，银河系结构方面的研究似乎进展不大，这种情况差不多到了 20 世纪初的时候才开始出现转机，最早做出新的尝试的是荷兰天文学家卡普坦，与赫歇尔一样，这也是一位对恒星天文学做出了特殊贡献且富于开拓性的科学家。

卡普坦一生致力于银河系的研究。他 23 岁便获得乌德勒支大学物理学博士学位。此后，他受聘在莱顿大学担任天文观测员，天文研究生涯由此展开。1878 年，27 岁的卡普坦被任命为格罗宁根大学天文学和理论力学教授。天文学，对于当时的格罗宁根大

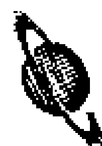




学是个全新的领域，对于年轻的卡普坦来说也是一样。从19世纪末的白手起家，到20世纪初一跃成为天文学界独具特色的研究中心，卡普坦和他的实验室共同走过了艰辛而难忘的岁月。但对于这位热衷开拓性工作的科学家来说，艰辛也许仅仅意味着成功的开端和经验的积累。纵观他一生的为人和治学，英国同行爱丁顿的一番话无疑是最恰如其分的评价，他在悼念卡普坦的讣文中曾这样写道："我们自问，他究竟具有何种特殊才能，使他能经常成为新进展中的领导人，使他往往能在最初看来似乎无希望而且颇为费力的研究中取得公认的成功？他的数学才能足以胜任工作，但或许还不算出众，但不知何故，在理论与观测之间，他总能设法找到某一领域，在这一领域中他几乎是无可匹敌的。他那善于察觉在哪些方面有可能得到发展而且迫切需要发展的直觉、能捕捉模糊线索的丰富想象力、对所面临的问题的洞察力，以及不为重重障碍所吓倒的毅力——所有这一切都必然有助于他的成功，但想要反映卡普坦为天文学所做的一切，我以为，我们必须引用一句古老的格言，即天才的一种形式就是'能无限度地吃苦耐劳'。"

20世纪初，恒星资料还主要限于亮星，这明显地限制了银河系结构的研究。这个巨大的恒星系统中，暗星是如此之多，完全计数它们几乎是不可能的。要促进研究的深入开展，科学家们只能选取部分恒星样品进行观测，但即使如此，这项工作仍然是巨大的。对于实验条件十分简陋的卡普坦来说就更是这样，但这难不倒他。1906年，卡普坦提出一项"选择星区"计划，简单来说就是召集全世界天文台共同合作，在全天252个选区开展大规模的、系统的恒星观测。为了确保计划的顺利实施，卡普坦在事先征求了不少国际知名天文学家的意见。不仅如此，他还对计划做了十分周密的部署，甚至每个细节也不放过。卡普坦的出色工作使这项计划显得如





此诱人，因此一经提出便立即受到各地天文台和天文学家们的热烈响应，43 家天文台参与其中，中国的佘山天文台也包括在内。随着计划一步步地向纵深发展，大量的恒星资料也源源不断地发往格罗宁根大学卡普坦天文实验室。这位来自望远镜故乡的科学家显然十分懂得如何更有效地利用世界各地的天文望远镜。正如他的好友、美国天文学家西尔斯所评价的，“卡普坦是个独特的人物，是一个没有望远镜的天文学家，但更确切地说，世界上所有的望远镜都是他的”。然而从这些恒星资料中受益的并不仅仅是卡普坦一个人，他的建议的成功实施为以后的天文学家研究银河系结构都提供了有力的帮助。更重要的是，他的“选择星区”计划使世界各地的天文学家超越了国与国的界线，为了探索自然界的奥秘而走到了一起。

大量的恒星资料使卡普坦有关银河系结构的研究如鱼得水。1922 年，他提出了一种银河系模型：银河系直径约为 4 万光年，太阳位于中心附近，距离太阳越远恒星数目越少。卡普坦提出的银河系模型被称为“卡普坦宇宙”。由于计算方法等方面的失误，“卡普坦宇宙”与今天我们所认识的银河系的实际情况并不相符，但当时卡普坦在天文学界的影响却明显地发挥了作用。四年前，美国天文学家沙普利曾提出一个与卡普坦宇宙截然不同的银河系模型，但当时的天文学家似乎更愿意接受卡普坦宇宙，尽管后者比前者更贴近事实。

二、将太阳“请”出银河系中心

公元 1543 年 7 月 26 日，散发着油墨香的《天体运行论》送到



了一位垂危者的病榻前，这位名叫尼古拉·哥白尼的波兰天文学家在生命的最后时刻见到了他倾毕生心血所取得的成果被公诸于世。太阳中心说将地球无情地赶出了太阳系的中心。这一惊人学说如一石激起千重浪，在当时引起了强烈的反响。时隔300多年后，一位来自美国的天文学家又在银河系掀起了新的波澜，这一次他将太阳连同地球一并“请”出了银河系的中心。

沙普利，1885年11月2日生于美国密苏里州纳什维尔一个普通农家。1907年他考上了密苏里大学。在此之前他曾作过记者，负责报道争端和枪杀事件。他曾热衷于新闻工作，但对新闻界夸大事实的做法十分不满（他称其为吹牛说大话），因此在进入密苏里大学时，他决定重新考虑自己的发展前途。他翻看了大学学科目录，期望从中找到一些线索。在这份按照英文字母排序的目录上，考古学（archaeology）排在最前面，但沙普利没有选择它，原因是他不会念这个字。下一个学科是天文学（astronomy），他会念这个字，于是他便选择了它作为日后的事业。关于沙普利入学前对于专业的选择还有另一种说法：他原打算攻读新闻专业，但入学后才知道该专业还没有建成，于是改学了天文学。无论是哪一种说法，沙普利成为天文学家都是一次“偶然事件”。如此简单的开端使他在一些老一辈的天文学家心目中被视为天文学界的“暴发户”，但就是这位“暴发户”，却在以后的几十年中为天文学的发展做出了十分重要的贡献。

1910年，沙普利获得数学和物理学双学士学位，次年获硕士学位。他的老师西尔斯认为沙普利不仅勤奋，而且善于思考、有一定的独创性，因此将他推荐到著名的普林斯顿大学天文台工作。在那里，他与时任台长的天体物理学家罗素一见如故，尽管两人在气质、志趣等诸方面都相去甚远，却成了最亲密的朋友。不久，西尔斯



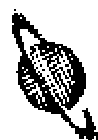
来到威尔逊山天文台工作，出于对昔日的得意门生的喜爱，他于是推荐沙普利也到这座天文台工作。

那时候，威尔逊山天文台正在海尔台长的主持下建造当时世界最大的反射望远镜—— 254 厘米的胡克望远镜，而正在使用中的 152 厘米望远镜则是当时性能最好的。精良的设备无疑有助于更加细致的观测。为了更好地利用它们，有心的沙普利在启程前专门拜访了有着悠久历史的哈佛大学天文台，并与变星研究专家贝勒进行了一番交谈，这次会晤为沙普利确立了日后的研究方向。早在 1900 年前后，贝勒就已在各种星团中发现了许多造父变星。为此，他建议沙普利充分利用威尔逊山天文台的良好条件去寻找并发现球状星团中更多的造父变星。这一建议导致了沙普利一生中最重大的发现。

变星是一种亮度变化着的恒星。最早被发现的变星是英仙座β，它的中文名字叫"大陵五"，阿拉伯人发现它的时候曾认为这颗星是在某种魔力作用下变化的，因此将它称为"魔星"。多年以后，一位来自英国的聋哑青年对大陵五的亮度变化做出了正确解释，他的名字叫约翰·古德里克。1782 年 11 月，他仔细观察了大陵五，发现它的亮度降低到 1/3 时开始增亮，直到恢复原亮度时再度开始变暗。经过持续不断的观测，他求出了大陵五的光变周期为两天 20 小时 49 分 9 秒。对于大陵五亮度变化的原因，古德里克认为这是因为有一个较暗的星和它互相绕转，周期性地遮掩大陵五，从而使它的亮度按准确的周期变化。古德里克的看法在当时没有得到多少支持，但在 1889 年，实际的观测结果却证实了他是正确的。

仙王座中的第四亮星仙王座δ星也是一颗著名的变星，它的亮度变化极有规律：从一次最亮到下一次最亮历时 5.37 天，这就

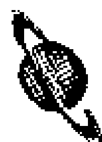




是它的光变周期。变化的模式也是恒定的：急剧增亮，慢慢变暗。以后就把变化模式与仙王座δ星相似的变星统称为"造父变星"。所以这样命名，是因为在中国古星名中仙王座δ星叫"造父一"，它是最早被发现的此类变星。

1912年，美国女天文学家莱维特研究了小麦哲伦云中的造父变星，发现光变周期越长的造父变星，其亮度越强。由于小麦云本身的尺度与它到我们的距离相比是很小的，所以可以认为小麦云中所有的恒星离我们的远近大致都相同。莱维特得出结论：光变周期相同的造父变星都具有相同的光度。而且，对于光变周期不同的造父变星，还可以根据光变周期的差异推算出它们的光度相差多少。莱维特的结论发表后，丹麦天文学家E·赫茨普龙就敏感地意识到它的重要性：只要知道一颗造父变星的距离，定出周光关系的零点，就可用来确定其它造父变星的距离。利用那时仅有的几颗银河造父变星的光度，赫茨普龙于1913年定出周期和光度之间的关系。1932年，他利用这种方法测定了大小麦云的距离大约为10万光年。由于各种因素的影响，他得出的值不到实际距离的六分之一，但这却是这把"量天尺"被发现后的第一次较为成功的实践。从这以后，测定一颗造父变星的光变周期就可以求得它的光度，再比较出观测得来的视星等，即可求出这颗星的距离，该星所在的星团距离也将随之一目了然。周光关系的发现也使沙普利深受启发，他不仅将它应用到他的观测实践中，而且在不断完善中使其日臻成熟。事实上，正是沙普利揭示了此类变星光变的原因。

19世纪末、20世纪初，曾有不少人将造父变星视为分光双星系统，认为它的光度变化也是由于暗伴星对主星的掩食而造成的。但在1914年，沙普利在分析了大量观测资料后得出结论，认为上述说法是不对的。他在他的博士论文中指出，如果造父变星是双



星，那么这双星系的轨道范围要比双星本体还要小，两颗星就会落到一起，所以造父变星应该是单星。在这一基础上，沙普利提出了星体脉动假说，认为造父变星的光度变化是由于它的周期性脉动造成的，也就是说这类变星的半径是变化的，它们的表面在这种周期性的膨胀与收缩中离我们一会儿近、一会儿远，从而形成了有规律的光度变化。以后爱丁顿发展了这一假说，提出了完整的造父变星脉动理论。根据爱丁顿的理论，恒星的脉动周期与质量密度的平方根的乘积近似为一常数，所以其脉动周期与光度之间存在着周光关系。这也正是莱维特所发现的造父变星视星等－变光曲线形成的原因。

在海尔和西尔斯的邀请下，沙普利不久便结束了他在普林斯顿的生活。他先到堪萨斯市与玛莎·贝茨（她后来成为了一位著名的交食双星的分析专家）结婚——他是在密苏里大学数学课上认识她的，然后双双动身前往威尔逊山天文台，他们旅途中的大部分时间都在研究变星的光变曲线。1914 年，新婚的沙普利夫妇登上了威尔逊山天文台。他们的工作无疑是努力的，沙普利曾这样写道："我们的目标就是要去做从未做过的事，要成为科学研究中的领先者，实现海尔使威尔逊山天文台成为一个著名研究机构的梦想。"沙普利首先观测了大量球状星团，从中找到了许多新的造父变星。他对这些变星的亮度进行测量，并对亮度变化的周期及一周期内的平均亮度加以测定，然后对造父变星的绝对亮度（即光度）进行定标。到 1918 年的时候，沙普利已测定了一些最有名的球状星团的距离。大量的观测数据使这位长于思考的科学家得出了一个大胆的结论。他指出，球状星团形成一种密集在银河系内的星团系，而太阳处于这个星团系的外缘，距离中心约 5 万光年。沙普利进而假定，银河系的中心就是球状星团系的中心。这也就是说，太



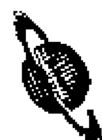
阳不是银河系的中心。沙普利还估计这个星团系的范围是30万光年，他认为这就是银河系的范围。

一直以来，人们都把太阳看作是银河系的中心，包括一些著名的天文学家，如赫歇尔等都是这样认为的，有人因此将沙普利的这一发现与哥白尼将地球赶出太阳系中心之举相提并论。根据今天的计算，沙普利所估算的数值明显偏大了许多，这是由于他在计算时忽略了一项重要的细节。其实，就在沙普利公布他的银河系模型之后，便已有科学家对此提出了异议，争论最多的便是银河系的大小以及太阳距离银河系中心的距离。特别是此后不久由卡普坦提出的银河系模型与"沙普利宇宙"有着太多冲突的地方，而当时的大多数天文学家们更愿意接受"卡普坦宇宙"。

1922年6月18日，卡普坦去世，但他的宇宙仍有着重要的影响。两个宇宙都建立在细致的观测与分析的基础上，两个宇宙所描述的银河系图景迥然不同而不可能都是正确的，那么孰是孰非呢？直到1927年，这个问题才初见分晓：沙普利的宇宙更接近银河系的真相。

三、转动着的银河系

18世纪哈雷发现了恒星自行之后，人们意识到恒星并不像它们的名字那样恒久不动，事实上，恒星也在运动。19世纪末，人们相继发表了记载有恒星自行的星表，特别是1888年发表的奥威尔斯－布拉德雷星表和博斯在1887～1910年间发表的三个基本星表，记载了数千颗恒星的自行，这为人们深入研究恒星运动积累了材料。不过在当时，人们普遍认为恒星本动是随机的、毫无规律可

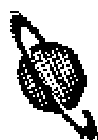


言的。1902 年，卡普坦公布的一项研究结果改变了人们的看法。

卡普坦在刚开始时研究恒星运动的本意是希望以此考察恒星的空间分布，但在 1895 年的时候，他发现恒星自行方向的分布有些异常现象，两年后，他的进一步研究发现这种异常现象是随天区位置的改变而有所不同的。最初他以为是误差造成的。但没过多久，他便意识到必须从恒星运动本身去寻找这种异常分布的原因。通过分析奥威尔斯－布拉得雷星表中赤纬 +90°～ –30°的 2400 多颗恒星的自行，卡普坦终于在 1902 年发现了“二星流”现象，但直到两年后，卡普坦才公布了他的发现。其间，他研究了大量恒星视向速度资料，再次验证了他的结论。1904 年，他在经过更进一步研究证实之后，在圣路易举行的国际科学会议上宣布了他的发现，并在次年发表的论文中详尽阐述了他的成果。

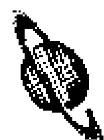
根据卡普坦的发现，除了太阳运动引起的视差动以外，恒星的空间运动并非人们一直认为的那样无规则地分布在天球上，而是分布在彼此相背的两个星流里，一个星流朝着后来被证认为银心的方向运动，而另一个星流则背离银心运动。两大星流的恒星是混杂在一起的。卡普坦的发现公布后，立即引起了天文学界的广泛关注，天文学家们纷纷将目光投向了这些人类最熟悉的天体。德国天文学家史瓦西和英国天文学家爱丁顿都进一步证实了卡普坦的发现，史瓦西还以此为依据提出恒星本动速度椭球分布的假设。但是这种恒星的定向分布现象是如何形成的呢？在此后相当长的时间——大约持续了 20 年之久，科学家们没能给这一现象以正确的解释。

有趣的是，泄露了恒星二星流秘密的却是不属于任何一股星流的恒星。已有的研究表明，大多数恒星的视向速度都很小，在 1888 年测出的第一批视向速度中，运动最快的恒星是毕宿五，它



相对于太阳的速度是每秒 54 千米。但后来天文学家们测出有一些恒星跑得很快，比如卡普坦星的视向速度高达每秒 244 千米。这些“飞毛腿”被称作高速星，它们奔跑的方向并不相同。1918 年，身为美国《天文学报》编辑的天文学家本杰明·玻斯分析了视向速度超过每秒 75 千米的恒星，发现它们的运动方向呈现出不对称性：一些高速星是在远离我们而去，而另一些则向我们飞奔而来。1924 年前后，瑞典天文学家斯特隆堡也观察到了同样的现象，并据此设想：河外星系、球状星团和高速星可能是银河系静止不动的结构框架，它们相对于亮星的高速视运动实际上是太阳附近亮星绕银心转动的结果。

斯特隆堡的工作引起了另一位瑞典同行的注意。林德布拉德，是一位富有创新意识的天文学家，特别是在银河系的研究领域，先后做出几项新发现。在解释二星流和高速星的不对称运动时，他提出了一个前所未有的概念，从而使银河系的研究取得了突破性的进展。1925 年，林德布拉德考察了斯特隆堡的工作后，以一篇论文提出了他自己的看法，其中的“次系”的概念十分引人注目。他说，银河系由许多不同的恒星系统组成，每个系统组成银河系的一个次系，这些次系以不同的速度绕银河系中心运动，中心在人马座方向。他认为，高速星之所以相对于太阳有每秒 250 千米左右的运动速度，其原因在于它们相对于作为整体的银河系几乎处于静止状态，太阳大约以每秒 250 千米的速度绕银心运转，而这些高速星所处的次系比太阳及其它许多恒星所处的次系绕银心转动的速度要慢得多，这使它们看起来似乎在以飞快的速度相对于太阳运动；而那些低速星则是本质上具有与太阳大致相同的运动速度。这就好像乘火车旅行时，我们会看到窗外的景物在飞快地向后掠去，而那些车厢里的景物则都是静止不动的。在解释了高速星形成的原因

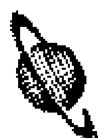


后不久，林德布拉德还解释了卡普坦发现的二星流现象，指出这种现象正是银河系自转的一种反映。林德布拉德的假说很快就被观测资料证实了，从事这项研究的是荷兰天文学家奥尔特。

还在上中学时，奥尔特就对卡普坦十分崇敬，为了这个原因，他中学毕业时选择了格罗宁根大学，在那里，他成了卡普坦的学生。大学毕业后他又留校在卡普坦天文实验室工作了一段时间，任助理员。当时，卡普坦和他的实验室一直在开展银河系的研究探索。在充满激情的读书时代乃至其后的岁月里，卡普坦探索银河系奥秘的执著与热情曾深刻地感染着同样执著的奥尔特。几十年后，奥尔特在一篇文章中回忆了当时的情景，他说："从我开始学习的时候起就一直被一种可能性吸引着：长期以来实际上一直是研究太阳系的天文学家垄断的动力学，也许有朝一日会应用到更广大的恒星上去，给人印象深刻的一个预兆就是卡普坦的'星流'。"但是，恐怕连奥尔特本人也不会想到，正是他的研究证明了卡普坦花费了多年时间和精力才得出的银河系模型竟然是错误的。

对于林德布拉德提出的银河系自转假设，奥尔特持支持的态度，但他希望得到更多观测的证实，而且他认为这是完全可以办到的。1927年，奥尔特发表论文证实了林德布拉德的假设，同时推导出由恒星的自行和视向速度确定银河系自转的公式，后人称之为"奥尔特公式"。利用他所观测的天体的视向速度资料，他发现了银河系的较差自转，这一结果意味着整个银河系确实是在自转，但在离中心不同距离的地方有着不同的自转速度。奥尔特的发现为林德布拉德的自转假说提供了直接的观测证据。但要特别指出的是，林德布拉德假设的自转并非较差自转，因为在他的模型中，同一次系内的各点都是以同一角速度自转的。在奥尔特发现较差自转后，天文学家们终于恍然大悟：这正是形成"二星流"的原因。一个持续





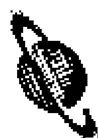
了20多年的谜也就此解开。

奥尔特还利用他的公式计算出太阳距离银河系中心为3万光年，距边缘约2万光年，大致位于银河系对称平面上。整个银河系在转动着，但距离中心不同距离处有不同的转动速度，太阳处的转动速度约每秒250千米，太阳绕中心转一周大约需要2.5亿年。在奥尔特的发现公布后，卡普坦宇宙开始逐渐被放弃，但是在银河系大小方面，奥尔特与沙普利的计算结果仍存在分歧，那么到底哪一个更符合银河系的真相呢？结果不久就出来了。

四、星际物质

造成沙普利计算偏大的原因是瑞士天文学家特朗普勒于1930年发现的。这一年，特朗普勒计算了100个疏散星团的距离。本来他想用星团的距离和视大小来计算它们的直径，可结果他发现，星团越远它们就越大。直觉告诉他这是不可能的，一种可能的解释是，他过高估计了这些星团的距离。于是他推测，星际空间并不像以前人们所认为的那样完全透明，而是到处都有稀薄的物质。这些星际物质像薄雾那样能吸收远方星团的光线，这使得它们显得比实际要远一些。

事实证实了特朗普勒的推测。他发现远方的星团显得比较红，这表明它们的蓝光被气体和尘埃吸收掉了。沙普利认为这样的吸收并不存在，因为他在遥远的球状星团中看到了各种颜色的恒星，说明它们的光并没有被吸收或红化。他的这一观点也影响了卡普坦。卡普坦曾对星际吸光物质有过一些疑虑，但沙普利的论文发表之后，卡普坦改变了看法。沙普利所观察到的当然没错，但特朗普



勒对此做出了正确的解释。他说，吸光物质只存在于银盘的一个薄层内，所以只影响紧靠银道面的疏散星团；而大多数球状星团在银道面两边很远的地方，它们受到的影响就很小。

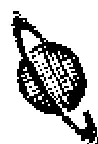
星际吸光的另一种表现是银河“煤袋”。19世纪末，德国天文学家沃耳夫和美国天文学家巴纳德首先注意到银河有许多黑暗的区域，这些区域在照片上完全没有恒星，但不久他们便意识到并非这些区域里没有恒星，而是暗黑色的物质将远处的恒星遮掩住了。

球状星团的距离经过星际吸光效应的校正以后，可以推出太阳到银河系中心的距离为3万光年，同时银河系的直径也相应地缩短到10万光年以下。

五、银河系的旋涡结构

1841年，在英国，一位名叫威廉·帕森斯的天文爱好者继承了父亲的头衔，成为第三代罗斯伯爵。对天文学的爱好促使他历经10年的辛苦工作于1845年建成了当时世界上最大的望远镜，这个口径183厘米的钢质反射望远镜被人们称为“帕森斯镇大海怪”。借助这个“大海怪”的力量，罗斯伯爵发现梅西耶星云表中第五十一号天体具有旋涡状结构，在此后的5年中，他又发现了大约51个旋涡星云。1888年，另一位英国的天文爱好者罗伯茨拍摄了仙女座大星云的底片，结果发现它的外部为旋涡结构，而这用肉眼是无法看到的。

两位天文爱好者的发现似乎暗示着什么。有人因此猜测旋涡结构是星系中的一种普遍现象，我们的银河系也不例外。是不是这

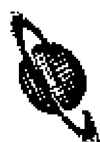


样的呢？谜底在20世纪30年代开始逐步地被揭开了。

在前面的两个宇宙之争中，我们已经认识了荷兰的天文学家奥尔特。1938年，奥尔特研究了太阳附近恒星空间分布，结果发现在高银纬处，恒星的空间分布相对于银道面而言是对称的；而在离银面较近的地方恒星密度则有十处明显的起伏。奥尔特发现，在银心方向和反银心方向各有一个恒星分布较为密集的区域。他据此认为，这可能表示银河系具有旋涡结构，太阳处于两条旋臂之间。奥尔特的推测在1951年被他的美国同行证实了。

摩根自幼便与天文学结下了不解之缘，据他自己在成年后回忆，他的父亲是一个十分粗暴的人，小时候，他常会挨父亲打，但是那些星星给他以安慰，使他"觉得还能活下去"。1926年，摩根进入叶凯士天文台，他开始了寻找银河系旋臂的工作，夏普勒斯和奥斯特布洛克两位年轻的研究生也参加了这项工作。此前，德国天文学家巴德（他曾与茨威基一起预言了中子星）在研究仙女座星系时发现，蓝色的O型和B型超巨星只出现在该星系的旋臂中。在摩根之前曾有不少天文学家希望以恒星计数的方法来探究银河系的结构，但失败了。而巴德的发现为摩根他们的工作提供了一种便捷的思路，将摩根等人探索的目光引向了那些最能反映银河系结构的亮星身上，这些亮星就好像城市里那些点缀在建筑物上的轮廓灯，当夜晚来临，人们也许看不清这些建筑的面貌，但闪亮的轮廓灯却可以大致勾勒出基本的模样。当然，明亮的O型星和B型星可不仅仅是点缀，事实上，星系的旋臂正是这些年轻恒星的出生地，也正是它们照亮了天文学家们研究星系结构的实验室。

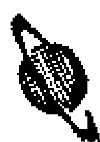
1950年，巴德又公布了他的另一项发现。我们已经知道，氢原子有两种形态，即一个质子和一个电子束缚在一起的中性氢和失去电子的电离氢。星际空间充满了中性氢，但温度极高的O型和B



型星却能使方圆几十甚至几百光年的氢电离。巴德所展示的成果，正是仙女座星系中O型和B型星附近的电离氢区（也称HⅡ区）。这使摩根等人马上意识到，只要证认出银河系的电离氢区，就可以清晰地描绘出银河系的结构。大多数的电离氢区都是红色的，这已被以往的研究所证明。摩根等人不久便拍出了银河系电离氢区的底片，并于1951年绘制出了电离氢区的位置。银河系旋臂就在那张图上。他们首先发现的是猎户座旋臂和英仙座旋臂，以后又发现了人马座旋臂。但有关银河系结构的更多信息是射电天文学家带给我们的。

在射电天文学诞生之初，只有少数几位天文学家从这种成功中看出一些有价值的东西，奥尔特就是其中一位。雷伯的射电天图问世（1944年）后不久，奥尔特便很快从中读出了银河系研究的前景。正如我们已经知道的，星际空间漫布着稀薄物质，它们对光线的吸收和散射作用阻挡了我们观察银河系的视线，而无线电波却不会被星际物质吸收，可以穿透整个银河系。这使奥尔特想到，如果能观测到一条星际射电谱线，就可以划出银河系结构的总体脉络。

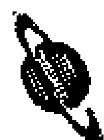
从理论上寻找这条星际射电谱线的工作是在奥尔特的指导下，由他的研究生范德胡斯特于1944年完成的。这位青年学生首先分析了来自星际空间的射电波的起源，确定了观测到的银河系射电必然是由星际气体产生的，而星际气体中最丰富的元素就是氢。通过对氢原子的计算，范德胡斯特提出，大约每经过1100万年，氢原子就会自发地从一种形式突然跃变为另一种形式，并发出一个极其微弱的射电波，它的波长在21厘米。尽管1100万年极其漫长，但星际空间的氢原子数量是如此之多，以至于氢原子的这种跃变随时都会发生，因此人们也就随时都能够探测到这种射电



波。美国天文学家肯·克罗斯韦尔曾将这种情况形象地比作都市里的交通信号灯，尽管每盏黄色灯每次只亮几秒钟，但在任何时候，城市中总有一些黄色交通信号灯是亮的。

范德胡斯特关于中性氢21厘米谱线的预言同样在1951年得到了证实。美国哈佛天文台的珀塞尔、尤恩在这一年首先探测到了来自银河系的21厘米谱线。此后不久，荷兰的米勒、奥尔特以及澳大利亚的克里斯琴森和欣德里等人也相继探测到了这条重要的谱线。当三份报告同时出现在《自然》杂志上时，立刻引起了天文学界的极大兴趣与关注。但是如何利用这种来自银河系的信号去揭示银河系的结构呢？1945年，也就是范德胡斯特从理论上预言了中性氢21厘米谱线的第二年，此时二战的硝烟刚刚散去，当大多数人尚未理好被战火烧得凌乱的思绪的时候，奥尔特就已向荷兰科学院提出了建议：建造25米射电望远镜以探测这条谱线。不过由于条件限制，这台望远镜直到1956年才建成，但奥尔特探测21厘米谱线的工作并没有因此而搁浅。恰恰相反，当奥尔特与米勒在《自然》杂志上报告他们探测到21厘米谱线的成果时，他们就已试图以此来研究银河系了。此后的工作便是系统地在银河系开展巡天探测。

1952年7月和1953年11月，奥尔特和他的研究小组先后两次开展了中性氢巡测，以此了解银河系各个角落中性氢密度的分布。就在奥尔特小组在北天展开巡测的同时，澳大利亚的一群射电天文学家也在南天为了同一目的而忙碌着。他们的工作成果在1958年得以展示。在当年联合发表的论文中，奥尔特等人报告说，银河系中中性氢的分布并不均匀，而中性氢密集的区域呈现出缠绕的带状，虽然它极不规则，但还是能清楚地看出这种旋臂结构。在他们所绘制的中性氢分布图上可以看到，太阳附近有三条旋臂，



止是摩根等人曾于1951年发现的人马臂、猎户臂和英仙臂，而太阳位于猎户臂的内侧。另外，在银心方向还发现了一条3千秒差距臂。

南北科学家的合作描绘了银河系的真面目，不仅如此，奥尔特还在1954年从这项研究证明了银河系中性氢密集的区域正是年轻恒星集中的地方，这为人们认识星际物质与恒星起源的联系提供了十分重要的线索。

现在我们知道，旋涡星系中，恒星大多集中在旋臂上；当星系自转时，其内部角速度比外部角速度大，旋臂应该是越缠越紧才对，但是在实际观测时却没有发现这样的现象。那么，是什么使旋涡星系得以维持目前的旋涡结构，而不会越卷越紧呢？

早在1942年的时候，瑞典人林德布拉德就提出了一个“密度波”的概念，提出星系旋臂是密度波构成的，而非一般所认为的物质臂。林德布拉德的理论在1964年得到了更加成熟完善的发展。恒星在绕中心旋转的时候，其绕转的速度和空间密度并不是完全一致的，后者随前者的变化也呈现出一种波动变化：运动慢则恒星密集，运动快则恒星稀疏。这种波动不仅绕中心环形传播，与此同时还会沿半径方向传播，因此密度极大的波峰呈现旋涡状分布，由此而形成旋臂。恒星进入旋臂之后，由于恒星密集和引力场加强，从而使速度减慢；反过来，速度减慢又使恒星密集在一起，密度增大，引力场加强，从而使这种状况能够自行维持。这就是美籍华人物理学家、天文学家林家翘最终建立起来的是密度波理论。

六、星协

在讲述蓝离散星之谜时，我们已经认识了一类恒星集团——星团，其中的成员们年龄相同，有着共同的身世，但由于它们的演化速度不同而处于不同的演化状态，因此它们的光谱型也就不同。还有一类恒星集团则与此有着完全不同的特点。

那是在1947年，苏联天文学家阿姆巴楚米扬发现O、B型恒星在天球上的分布有成群集结的性质，单个的O、B型恒星几乎没有。他认为这不是毫无规律的偶然现象，这些恒星之间必定存在着一定的物理联系。这种由同一类型的恒星组成的比星团要稀疏得多的恒星集团被它的发现者命名为星协。在发现星协后不久，阿姆巴楚米扬便提出星协是最近期的结构，现在仍处于膨胀时期。他的预言在几年后得到证实。1952年，荷兰天文学家布洛夫根据恒星自行的分析资料发现，在100万年前英仙座ζ星附近的星协成员还拥护在一片较小的天区之内，因此可以假定它们是在那里同时形成的。此后，人们又发现了一些O星协在向外膨胀，据估算，它们的年龄在100～500万年左右。还有一类星协叫T星协，它由金牛座T型变星组成，而且这些星也是很年轻的恒星。

目前，有关这些星协的起源及其膨胀的原因尚不得而知，但这么多年轻恒星聚在一起，而且所处的位置大多是在银河系的旋臂中，因此这类恒星集团的存在对于研究恒星起源无疑将具有重要的意义。



附：恒星的自行与视差

恒星之所以得名，大概是由于千百年来它们以恒久不变的位置装点在灿烂星空，这样的看法一直持续到18世纪初。1718年，英国天文学家哈雷利用此前他所编制的一份南天星表对恒星的集团进行了研究，结果发现当时的观测结果与一千多年前托勒密星表比较，至少有三颗星的位置是不同的，它们是天狼星、大角星和南河三星。哈雷对此提出了最合理的解释即：恒星并非固定不变，而是有着它们自己固有的运动。事实也正是这样。所有的恒星都在运动，它们沿垂直于视线方向上走过的距离，表现为在天球上位置的改变，这就是恒星的"自行"。自行一般都很小，只有几百颗星的自行大于或等于1角秒/年，而且它们极其遥远，因此必须要经过相当长的时间才可能被感觉出来。现在已知自行最大的恒星名叫巴纳德星，它每年移动10.31角秒。这颗位于蛇夫座的10等星是美国天文学家巴纳德于1916年发现的。

恒星也在运动，这就是哈雷的发现最简单、最直接的含义。视差也是恒星的一种"运动"，但与自行不同的是，它并非恒星本身发生了位移，而是因地球绕太阳公转而形成的视位置的变化。

我们平常都有这样的经验：轮流用两只眼睛分别观察眼前的同一物体，就会发现被观察的物体相对于远处的景物似乎是在左右移动着的。同样道理，如果在不同地点观看同一目标，会发现所观看的目标有着不同的方向。目标越近、两个地点相隔越远，差别也就越大。这一点也不难理解，只要回想一下乘车外出的经历就会明白了。坐在开动的列车上，观看车窗外的景物，就会发现，近处的景物更迭很快，而离得越远的景物，变化也就越慢。这就是视差。在天文学中，视差是指因观测者位置的移动或由不同地点观测同一





天体而引起的方向变化。周年视差则是因地球绕太阳公转的周年运动而引起的。既然地球是在绕太阳运动的，那么在地球上观察恒星就会因处于地球公转轨道上的不同位置而发现它相对于遥远星空背景的视差。

16世纪，波兰天文学家哥白尼的日心说提出后，许多天文学家为寻找恒星的周年视差做了大量工作，但由于恒星离我们十分远，周年视差值很小，因此要测量到它很困难。

在寻找恒星视差的天文学家中，有一位来自英国布拉德雷。在探索视差的过程中，他发现了另一种恒星视位置的变化，这就是光行差。为了尽可能清楚地解释什么是光行差，科学家们常常会借用这样一个简单的生活常识：打着伞在雨中行走时，人们需要将伞指向人前进的斜上方，才能有效地避免被打湿。与此相仿，当某颗恒星所发出的光沿某个方向以某种速度落到地球上时，随地球一起围绕太阳运行的望远镜也必须向地球前进的方向稍稍倾斜，才能使光线笔直地落到透镜上。这种倾斜角度就是“光行差”。1729年，布拉德雷在给哈雷的信中向皇家学会报告了他的发现。在此之后，布拉德雷一路探索，不久他就发现，将光行差的效应算入观测结果，天体和天极的距离仍会有一点细微的变化。进一步的研究分析使他意识到，这一现象是由于月球对地球赤道带隆起部分的引力作用使地轴产生摆动造成的，布拉德雷将这种效应称作“章动”。

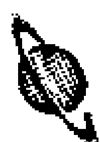
寻找视差过程中发现了光行差，这也算是一件意外的收获，但视差的问题仍然需要解决，因为它关系到对恒星运动及位置的更深一步的研究。经过科学家们的不懈努力，恒星周年视差的难题终于在19世纪30年代取得了进展。1837年到1839年间，德国的贝塞耳、英国的亨德森和俄国的斯特鲁维分别求出了天鹅座



61星、半人马α星和织女星的视差。

对视差的研究为我们提供了精确测量恒星距离的尺子，这就是三角视差法，它所依据的原理是三角关系，恒星的距离γ为弦，以地球和太阳的平均距离（即地球公转轨道半径）α为最小边，这个直角三角形内的最小角π为该恒星的周年视差。这样，恒星的周年视差与恒星的距离之间存在的关系，即为：$\sin\pi=\alpha/\gamma$。三角视差可以帮助我们准确测定恒星距离，但是对于太遥远的恒星，这个方法就不适合了。我们已经知道，距离越远，视差就越小，特别是对于300光年以外的星星，它们的三角视差比0″.01还要小，此时，测量误差已同视差相当，因此，这一测量结果也就失去了意义。为了测定更加遥远的恒星的距离，人们必须寻找新的方法。赫罗图在20世纪初的问世在揭示恒星演化之谜的同时，也为恒星距离的研究带来新的生机。



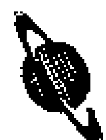
 第五章 形形色色的"宇宙岛"

在漫漫的星空中，有一些由气体和尘埃组成的、看起来像云雾一样的天体，它们被称作"星云"。著名的仙女座大星云就是最早为天文学家所知道的"星云"之一。虽然人们用肉眼就能看到它，但要识得它的真面目却并不容易。

从今天已有的研究来看，这些云雾状天体并不是同一类天体，其中有些是位于银河系内、由气体和尘埃构成的，称为"银河星云"；还有一些同样位于银河系内，但它们是由许多恒星组成的，叫做"球状星团"；另外还有一些是具有旋涡状结构的，最初它们被称为"旋涡星云"，但以后的研究表明，这个名字其实并不准确。

一、宇宙岛之争

1612年，德国天文学家马里乌斯率先用望远镜发现了仙女座大星云，此后，随着望远镜口径的增大，成像质量的提高，人们发现的星云逐渐增多。随之而来的是关于星云身份的争论也日渐激烈。法国数学家、天文学家德·莫泊丢认为星云是大得惊人的单个天体；而英国学者T·赖特、德国学者·康德和J·H·朗伯特等人则提出了相反的观点，他们认为，在整个宇宙中，存在着无数像我们的银河系一样的天体系统，散布在浩瀚的太空之中。康德认为，天空中那些云雾状的"星云"很可能就是这样的天体系统，



他称它们为“宇宙岛”。

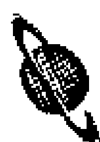
包含有103个这种云雾状天体的《梅西耶星云表》在1781年的发表为研究星云提供了一份“寻宝图”，星云爱好者们开始了更深入的探索，英国的威廉·赫歇耳就是众多爱好者中最杰出的一位。在《梅西耶星云表》问世后，赫歇耳就将他的望远镜指向这些目标，开始了系统观测。他发现有些星云如果用大望远镜看的确可以分解为一群星星，这使他确信康德等人关于“星云就是宇宙岛”的说法是正确的。而且他还断言，即使有些星云他的望远镜无法分解，但如果换了更大口径的望远镜依然是可以办到的。但不久之后，他又推翻了自己的看法，因为当他继续观测更多的星云时，却发现有些星云是不可分解的。例如他在1790年观测到的一个星云（NGC1514）——他将它称为“行星状星云”——就是无法分解的；后来他又观测到许多弥漫星云，也都无法分解出恒星。这一下，连他自己也承认，这些星云是“一种性质尚不知道的发光流体”。

另一位对星云感兴趣的天文爱好者也来自英国。他就是我们曾经提到过的罗斯伯爵，他曾用他的183厘米口径反射望远镜“大海怪”发现了50余个旋涡星云。不仅如此，罗斯伯爵还利用它分解了不少威廉·赫歇耳未能分解的“云雾状天体”。于是，“星云即宇宙岛”的说法又开始热闹起来。

在此消彼长的争论中，人们迷惑了。星云究竟是什么？人们渴望了解更多。这样一来，仅仅依靠眼睛去观察已经远远不能满足需要，要想知道得更多，人类的工具箱里必须添置新设备了。对太阳光谱的研究终于使天文学家们深受启发，这会不会成为天文学研究的一个新突破口呢？

19世纪中期，伴随着太阳探索的进展，天体分光学问世了。人





们发现恒星的光可分解为有吸收线的连续光谱，而稀薄气体发出的光则可分解为明线光谱，有人便想到这可以作为判明星云本质的重要方法。1864 年，英国天体物理学家哈根斯(1824～1910)用分光镜观测天龙座的一个行星状星云，发现它的光谱是明线光谱，这说明它们不是一群恒星，而是一团发光的气体。哈根斯进一步将观测对象扩展到他所选定的其他星云，发现一切行星状星云和许多弥散星云都发明线光谱，这表明它们是气体结构。当时的分光术，还只能用于观测较亮的星云，它们大多是我们银河系里的气体星云，而真正的河外星云往往在当时的分光镜中很难看清它的光谱。但哈根斯并没有考虑到这种技术条件的局限性，而误认为他在分光镜里看到的气体星云就是星云的全体，并由此走向了一个极端，认为星云就是气团。武断的结果是他最终与一次重大发现擦肩而过。在哈根斯之后，人们又通过照相观测发现蟹状星云、猎户座大星云等都具有气体星云的特征。在这种情况下，很多天文学家又对宇宙岛的说法产生了怀疑。

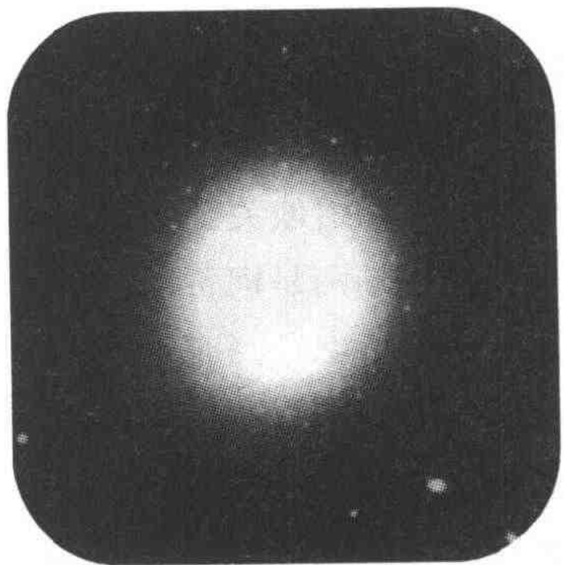
此时照相术也应用到了星云的观测当中。其中尤其值得一提的是对于仙女座大星云的新发现。1888 年，英国天文爱好者依萨克·罗伯茨拍摄了仙女座大星云，此举改变了人们以往对它的认识。因为在此之前，即使用最好的望远镜去观察仙女座大星云，看到的也不过只是个暗淡的椭圆形雾状光斑。而罗伯茨的照片却使人们清楚地看到这个星云的外部呈现旋涡结构，也就是说，仙女座大星云与罗斯伯爵发现的旋涡星云有着相同的特征。

技术手段的进步为人们揭示星云的本质作好了充分的准备，而一颗新星的出现则掀起了研究星云的又一次高潮。这一次，人们是否能真正了解星云的真面目了呢?

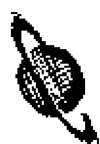


二、沙普利－柯蒂斯大辩论

1885年，哈脱维格（1851～1923）在仙女座大星云中心区发现了一颗新星。它的视星等达到7等，几乎用肉眼就可以辨认出来。这颗星后来被命名为“仙女座S”。1901年美国的安德逊在英仙座又发现了一颗新星，它的极大亮度达到0等。“英仙座新星”是属于银河系的，它距离我们大约只有100光年。1911年，美国天文学家威里（1852～1927）猜测仙女座S和英仙座新星的光度实际上是相同的，只不过由于它的距离远，因此看上去要暗得多。由此他估计仙女座S离我们的距离为1600光年。仙女座S是属于仙女座大星云，还是碰巧与它处在相同的视线方向上？仙女座大星云究竟离我们有多远？它是属于银河系，还是远远超出银河系之外，是像银河系一样的又一个星系呢？为了解开这些问题，科学家们就必须在仙女座大星云里再寻找更多的新星：如果仙女座大星云确实是在银河系里面，那么它必然是相对较小的天体，在那里就不太可能发现更多的新星；如果它非常遥远，而且具有银河系那样的规模，那么人们就可能看到很多新星。为此，科学家们进行了更加深入的探索。1917年，美国天文学家乔治·威利斯·里奇（1864～1945）在星云NGC6946中发现了一颗15等的新星，他随后又对旧底片重新进行了认真的复查，结果在仙女座大星云中又发现



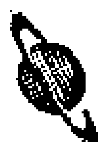
椭圆星系



了两颗新星。这一举动使天文学家们大受启发，于是纷纷对以往的底片做了复查。在两个月的时间里，天文学家们共找到了11颗新星，其中有3颗属于仙女座大星云。美国天文学家柯蒂斯（1872～1942）则对仙女座大星云中的新星进行了系统的搜索，结果获得了极大收获：那里的新星是如此之多，使人们已无法认为它们仅仅是碰巧同仙女座大星云处在同一视线方向上。这也就意味着，这些新星一定处在仙女座大星云内部。在这些发现的基础上，柯蒂斯将仙女座大星云里普通新星的亮度与英仙座新星的亮度做了比较，并由此估计，如果这些新星的光度都和英仙座新星相同的话，那么仙女座大星云必须远在几十万光年之遥——这个距离远远超出银河系之外，其新星才会看起来如此暗淡。与此同时，在威尔逊山天文台工作的天文学家沙普利则持完全相反的意见。29岁那年，沙普利利用造父变星周光关系研究了银河系中的球状星团，结果将太阳“请”出了银河系中心。也许你还记得，当时沙普利曾推算出银河系的范围约为30万光年，这使他认为银河系是一个巨大无比的天体系统，旋涡星云当然也应属于它。

见解上的不同最终引发了一场十分著名的辩论，召集者是当时任威尔逊山天文台台长的海尔。1919年，就在沙普利将太阳“请”出银河系之后不久，海尔决定邀请沙普利到美国科学院作一次报告，介绍他关于银河系和宇宙的新观点。而另一位受到邀请来做报告的则是柯蒂斯。海尔台长之所以作出这样的决定，自有他的一番考虑。当时，尽管沙普利关于太阳不在银河系中心的观点已被不少同行所接受，但在其它一些方面的研究，比如他提出的关于银河系尺度的论述却似乎并不被看好，甚至可以说是反对之声此起彼伏，柯蒂斯就是最大的反对者之一。在这样的形势下，激烈的辩论其实已是在所难免，而海尔所做的恰恰是为辩论双方





提供了一个直抒胸臆的机会和场所。

1920年4月26日，在华盛顿召开的美国科学院年会上，这场题为“宇宙的尺度”的学术讨论会在海尔的张罗下举行了，柯蒂斯与沙普利展开了面对面的论战，这就是天文学史上有名的沙普利－柯蒂斯大辩论，论题是银河系的大小和河外星云的真相。柯蒂斯主张“这些旋涡星云不是银河系内的天体，而是像我们自己的银河系那样的宇宙岛；作为银河系外的(恒)星系(统)，这些旋涡星云向我们指示了一个(比先前想象的)更为宏大的宇宙，我们的目光可以贯穿其中的距离也许可达1000万乃至1亿光年”。沙普利拒绝这一结论，并坚持认为没有理由“去修改当前的假设，即旋涡星云根本不是由典型的恒星构成，而是真正的星云状天体”。不幸的是，沙普利作出这样的结论部分地是由于受到了一项错误资料的影响：他的朋友、来自荷兰的天文学家范马南此前曾观测了部分旋涡星云，结果发现它们每年都在以较大的速率自转着，这使范马南得出结论说，如此大的自转角速度说明，这些星云不会离我们太远，最多也不过几千光年罢了，他由此推断这些星云是属于银河系的。范马南的测量结果最终于1935年被证实是错误的。当初，沙普利虽然曾对范马南的研究有过怀疑，但工作上的不顺心影响了他的情绪。最终，他没有再做深入的研究便接受了朋友的结论。由于辩论双方都是据理力争，几个回合下来竟“打”得难解难分，因此在当时并未能马上决出胜负：辩论双方谁也没能说服对手，而对于辩论双方的表态，听众们也是未置可否。

这场没有输赢的辩论改变了沙普利日后的生活，这个结果可能是连沙普利本人也未曾想到的。事情的经过大致是这样：自从1914年沙普利夫妇来到威尔逊山天文台后，虽然他们工作勤奋出色，这里的设备条件也很棒，但四年下来，沙普利却感到工作得并



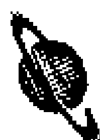


不舒心，再加上对代理台长亚当斯的政策不满，郁郁不得志的他萌生了"跳槽"的念头——这也是导致沙普利在旋涡星云的研究中草率行事的一个重要原因。正在此时，机会来了：1919 年 2 月 3 日，哈佛天文台台长 E·皮克林去世，台长一职暂时空缺，沙普利于是抛出了试探的气球。补缺的候选人名单上，罗素与沙普利师生二人名列榜首。两个人均有长处也各有不足，究竟何去何从，哈佛大学校长 A·L·洛韦尔没了主意，但沙普利-柯蒂斯大辩论的举行给了他一个考查年轻人的机会。他于是派人聆听了那场辩论。结果，年轻、充满活力而且富于创造性的沙普利给人留下了极好的印象。不久，沙普利收到了洛韦尔校长的聘书，半年后的 1921 年 10 月，他被正式任命为台长，直到 1952 年退休。当然这些都是后话，现在让我们重新回到刚才的话题。

三、哈勃的发现

沙普利-柯蒂斯大辩论虽然结束了，但辩论的双方却谁也无法将对方说服，这种情形大约持续了四年，直到 1923 年才终于尘埃落定。为这场争论划上圆满句号的是一位名叫哈勃的年轻人。

哈勃和沙普利都是十分优秀的天文学家，而且都来自密苏里州，但两个人之间的关系却不怎么好。沙普利不喜欢哈勃，因为他厌恶哈勃的牛津口音，认为那很造作。有一次他曾对一位朋友抱怨说："我不喜欢哈勃，他跑到牛津把一个热土豆塞在他的嘴里，从而发出完美的口音。"沙普利曾渴望在河外宇宙的研究中有所作为，但让他感到难过的是，他的抱负最终是由他所讨厌的人来实现的。




哈勃

哈勃的名字对于天文爱好者们来说可谓耳熟能详，架设在茫茫太空并不断向地球传回大量最新观测资料的那台著名的望远镜就是以哈勃的名字命名的。如今，当世界各地的天文学家和天文爱好者们通过哈勃望远镜送回的精美图片去了解和感受另一个遥远世界的时候，也许依然会不自禁地记起多年以前这位富于开创性的科学家所做的一切。当然，与哈勃有关的天文学名词并不仅仅是哈勃太空望远镜，这个名字分布在宇宙的许多个角落：星系的哈勃分类、哈勃常数、哈勃定律、宇宙的哈勃年龄……从这些名词本身就可以看出哈勃所涉足的领域是广泛的，他对现代天文学、特别是在星系天文学和宇宙学中的杰出贡献为他赢得了“星系天文学之父”的美誉，而他的贡献即使是在他去世之后仍然在延续——他将他的科学史籍珍本赠送给了威尔逊山天文台。

1889年11月20日，埃德温·哈勃出生在美国密苏里州马什菲尔德。他早年获得赴芝加哥大学的奖学金，在该校就读期间，哈勃受到物理学家R·A·密立根和天文学家G·E·海尔的影响，他对于天文学的热爱也就是从那时开始的。1910年，哈勃从芝加哥大学天文系毕业，同年前往英国牛津大学女王学院，攻读法学，1912年取得文学士学位。1913年，哈勃回到美国，取得律师资格，并在肯塔基州路易斯维尔开设了一家法律事务所。但不久之后，他



便放弃了这份职业。1914 年，哈勃前往芝加哥大学叶凯士天文台，成为 E·B·弗罗斯特的助手和研究生，1917 年获博士学位。哈勃的观测才能很快就引起了海尔的注意，海尔于是建议他去威尔逊山天文台工作。但就在此时，美国参与了第一次世界大战，哈勃随即应征入伍，他致电海尔表示，一待退伍就接受威尔逊山天文台的职位。此后，哈勃随美国远征军赴法服役，并一直晋升至少校军衔，战后随美国占领军留驻德国。1919 年 10 月，哈勃返回美国并如约赴威尔逊山天文台与海尔共事。这一年，哈勃 30 岁。

还在攻读博士学位时，哈勃便已开始了对星云的研究。在他的题为“暗星云的照相研究”的博士论文中，他曾推断行星状星云可能位于银河系之中，而那些大的旋涡星云则在银河系之外。但是要解决这些问题，哈勃认为必须使用比现有设备威力更大的观测仪器才能办到。这一年（1917 年），威尔逊山天文台正在海尔台长的主持下建造一架口径达 254 厘米的反射望远镜，当年 11 月，这架命名为“胡克”的望远镜正式投入使用。胡克反射望远镜有着很高的分辨能力和十分强大的聚光能力，所以当两年后哈勃如约来到威尔逊山天文台工作时，他有了施展才华的空间。1923 年，哈勃将这架当时最大的反射望远镜指向了仙女座大星云，拍摄了一批旋涡星云的照片，结果发现大星云的外围的确可以分解为单个恒星，他从这些恒星中辨认出许多造父变星。此时，造父变星周光关系经沙普利的研究已相当成熟。利用沙普利制定的一整套方法，哈勃测定了仙女座大星云的距离是 90 万光年，这个结果与柯蒂斯运用新星法测得的数值基本一致。由于造父变星法比新星法测距更加可靠，因此哈勃的工作使人们相信，旋涡星云远在我们的银河系之外。1925 年元旦，美国天文学会和美国科学促进会在华盛顿联合举行的会议上，宣布了哈勃的研究成果。当时哈勃本人没有到会，



但他的论文却获得了美国科学促进会为此次会议设立的最佳论文奖。同年，该文发表在《美国天文学会会刊》上。多年以后，有人回忆了当时的情景：哈勃的论文一经宣读，整个美国天文学会当即明白关于旋涡星云本质的这场大辩论已经结束，宇宙岛观念已然确立，宇宙学的一个启蒙时代已经开始。当时，沙普利和柯蒂斯都在场。

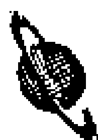
对于沙普利来说，这次的失败无疑将是难忘的。1941 年，在庆祝沙普利就任哈佛天文台台长 20 周年时，哈佛的天文学家西西莉亚·佩恩－盖珀什金也回忆了这一段往事，她说：“你们中间很少有人记得那个可以说是没有星系的时代，但我记得很清楚，我记得有一天沙普利说道：‘我的宇宙已经破灭了’。”而沙普利本人后来也曾回忆说，这是他所有失误中最大的一次。

哈勃将他的发现定名为“河外星云”，后来根据沙普利的建议，仙女座大星云被重新命名为“仙女座星系”，再以后，人们又进一步知道，仙女座星系与我们的距离远比哈勃测定的距离远得多。

四、星系离我们有多远

河外星系的发现固然使人类的眼界大开，不过哈勃当年在推算这些星系的距离时由于计算方法上存在一些疏漏，而导致其结果并不准确。直到 20 多年后，来自德国的天文学家巴德才发现并校正了这个数据。

巴德 1893 年 3 月 24 日生于德国威斯特伐利亚地区施罗廷豪森，由于父母均信教，巴德在最初的时候曾遵从父母的意愿而从事神学的学习和工作。但是不久之后，他发现星空的诱惑力远远胜过教堂对他的吸引力。这一选择使他最终走上了天文学研究的道

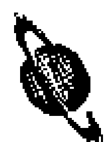


路。在德国格丁根大学取得博士学位之后，巴德先后在汉堡大学天文台、美国威尔逊山天文台和帕洛马山天文台等地从事研究。以后取得了美国国籍。第二次世界大战期间，巴德因证件丢失而在行动范围上受到了限制，但威尔逊山天文台的胡克望远镜对他仍是开放的。由于战争，洛杉矶夜晚实行灯火管制，这为巴德的观测提供了良机。没有了灯光的干扰，巴德很快就拍摄到了星系 M31 和它的伴星系 M32 和 NGC205 的照片，并清晰地把河外星系分解成了恒星。他同时绘出了这三个星系的赫罗图，结果他发现这种赫罗图与银河系球状星团的赫罗图十分相似，星系外围部分亮星赫罗图与银河系星团的赫罗图比较接近。在此基础上，巴德重新提出了星族的概念。他认为，银河系以及其它旋涡星系的恒星可以分成两大类，他将它们分别称为“星族 I”和“星族Ⅱ”。两个星族的差别，明显反映在赫罗图的形状以及最亮恒星的颜色和光度上。具体来说就是，星族 I，最亮的恒星是早型白色超巨星；星族Ⅱ中最亮的恒星是 K 型红橙色超巨星。此外它们在空间分布和运动特性方面也有所不同：星族 I的恒星集中于星系外围旋臂区域内，银面聚度大；而星族Ⅱ的恒星主要集中在星系核心部分，银面聚度小。（如下图）

	星族 I	星族Ⅱ
最亮恒星	早型白色超巨星	K 型红橙色超巨星
空间分布	星系外围旋臂区	星系核心部分
运动特性	银面聚度大	银面聚度小

从 1948 年开始，正在美国帕洛马山天文台工作的巴德利用这里的 5 米海尔反射望远镜对 M31 作了进一步的研究。此间，他在这一星系中找到了 300 多颗造父变星。他发现这些造父变星分别





属于两个星族，而且二者有不同的周光关系。而在此之前，莱维特和沙普利确定的周光关系只适用于星族Ⅱ的恒星。随之而来的问题是：哈勃用来确定河外星系距离的是这些星系旋臂上的星族Ⅰ造父变星，但在利用它们推算这些星系的距离时，哈勃却用了星族Ⅱ造父变星的周光关系，这样得出的距离就比实际距离小了至少二三倍。巴德在对两个星族进行了一番周密研究之后，制订出了新的周光关系，两星族的周光关系基本平行，但由于二者绝对星等上存在差异，因此在根据造父变星推算星系距离时必须因“星”而异。由此，巴德重新校正了所有已测得的河外星系距离。哈勃曾定出仙女星系距离为90万光年，经巴德校正后，其距离为230万光年。在此之后，巴德又推算出河外星系的直径要比原来认为的大得多。这使人们意识到，与其它星系相比，银河系并非奇大无比，而只是一个中等量级的星系。(巴德对于星系距离和尺度的修正是海尔望远镜投入使用后取得的第一个重要成果。)

关于星族，这里还要再补充几句。星族的概念最早是P·布鲁根克特在《星团》一书中提出来的，但它的真正确立却是在巴德之后。以后的研究表明，将所有的恒星划分为两个星族过于简单。1957年，在梵蒂冈举行的星族讨论会上，按照恒星的空间运动速度、距银道面的距离、向银心的聚集程度、氦含量和年龄等参量，把星族又细分为中介星族Ⅰ、旋臂星族(极端星族Ⅰ)、盘星族、中介星族Ⅱ和晕星族(极端星族Ⅱ)。这五个次系的成员构成银冕、银晕、银心、银盘和旋臂。这种分法如今已被世界各地天文学家普遍接受。时至今日，星族这一概念已成为星系天文学和天体演化学的主要内容，它对于研究银河系的起源及演化有着十分重要的作用。



五、星系的哈勃分类

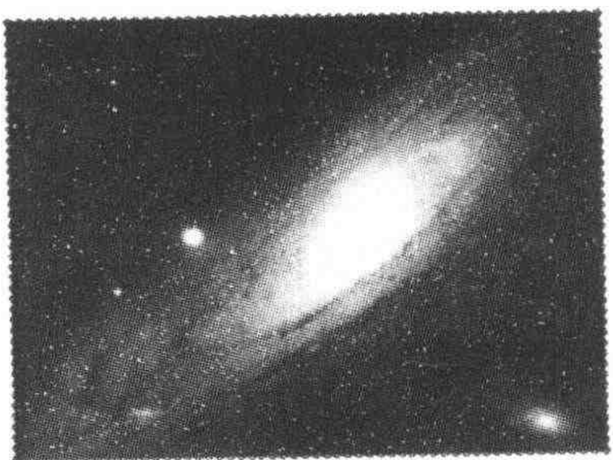
大自然如同一个天才的艺术家，以神来之笔塑造了一个丰富多彩的世界。就像没有两个完全相同的人一样，星系也是形态各异、性格多样，要了解它们的最直接的办法便是分类。还在 1908 年时，德国天文学家沃尔夫就提出过一种描述性的星云分类体系。不过在那时，人们尚未认清“星云”的真面目，沃尔夫的分类也因此有着其不完善的地方，其中最显著的一点就是缺乏变化过渡的连续性。重建新的分类体系成为星系研究的必然要求，也正是哈勃长久以来思索的问题。

早在为河外星系验明正身之前，哈勃就对星云的分类颇有研究，他在他的博士论文中便已谈到了星云的分类。他认为，沃尔夫分类“虽然完全是经验性的，也许没有物理意义，但它仍是可用以将资料归类的最佳体系，而且在日后建立某种具有深远意义的分类序列时，也将起到巨大的作用”。很显然，那时的哈勃已经在为日后更加系统地研究星云做准备了。

河外星系的发现为宇宙岛之争划上了圆满的句号，但这对于哈勃的星系研究仅仅是一个成功的开端，他渴望着更高的目标。在观测专家赫马森的协助下，哈勃将胡克望远镜伸向了更远的地方，并在这一过程中不断发展他的测量方法，很快，他所能探测的距离超过 10 亿光年，达到了当时可见的宇宙极限。而他推算出的河外星系数目之多则几乎与银河系内星的数目不相上下。当然，对星系感兴趣的并不仅仅是哈勃一个人。事实上，这项工作是如此引人入胜：100 多年前，威廉·赫歇尔的工作曾使人们走出太阳系，走向更广阔的银河系；这一次，哈勃的发现则将人们的目光引向了宇宙



的更深处。不久，从北到南，世界各地的天文学家们纷纷开动了各自的望远镜。此时已就任哈佛天文台台长的沙普利对星系的兴趣更是日胜一日。虽然他没有能及时地认清“宇宙岛”的真面目，但他的工作证明他依然是最优秀的天文学家之一。他与他的同事们同时在北天和南天展开巡视，拍摄到大量星系。结果，天文学家们发现在天球的各个天区都有星系的踪迹，而且星系的数目远远超过银河系内的星数——前者的数目大约五倍于后者。

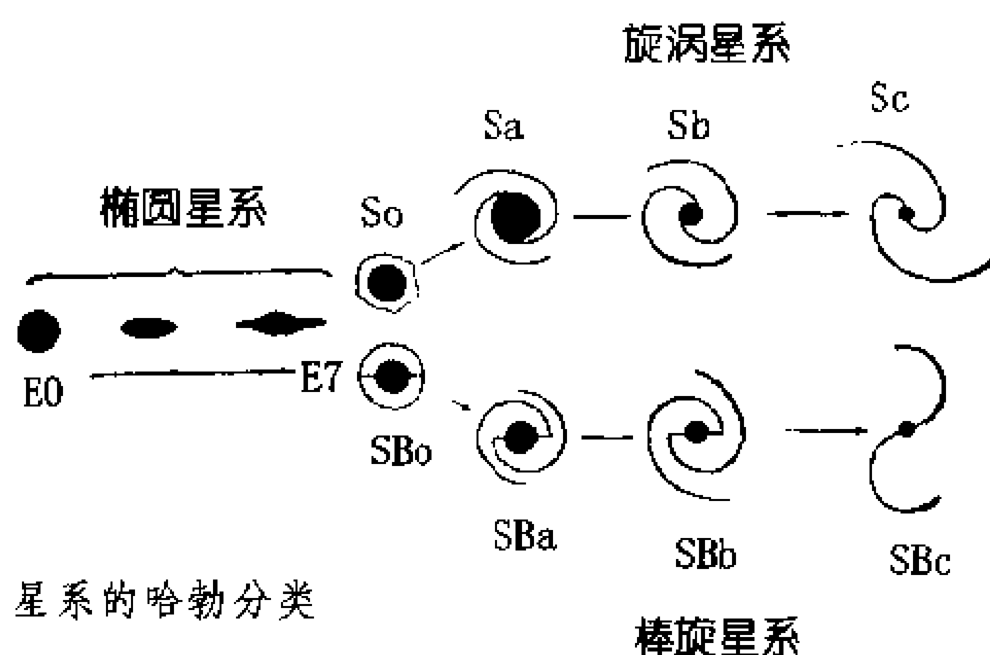


仙女座星系

大量星系资料为哈勃进一步的探索提供了丰富的研究对象。1925年，在国际天文学联合会举行的会议上，哈勃提出了新的河外星云(后来人们意识到“河外星系”才是它们最贴切的称谓)形态分类法。首先，他将河外星系分为规则和不规则两大类，前者都有一个球状核心，整个星系相对于这个核心呈现出某种旋转对称性；这两项特征是后者所不具备的，这类不规则星系仅占哈勃研究对象的3%弱。在规则星系中，哈勃又进一步将它们细分为旋涡星系和椭圆星系，它们的名字已经揭示了它们的样子。旋涡星系在哈勃当时已知星系中约占80%，椭圆星系则占约17%。这样看来，旋涡星系是星系家族中的一个重要分支，不过尽管这些成员都有着共同的名字，但它们在形态上仍然有一些差异。为了便于区分，哈勃又将旋涡星系分为正常旋涡星系和棒旋星系，并按旋臂的松紧程度分为三个次型。

1936年，哈勃出版了他的《星云王国》一书，其中以一份著名

的哈勃形态序列图对星系分类做了细致总结。这份图看上去是不是很像一只音叉呢?所以它也因此而得名“音叉图”。在这只“音叉”上,SO型星系的地位如同它所处的位置一样重要,哈勃认为,它的存在表明在星系演化中,E7与Sba之间有着某种平滑的过渡。后来,人们真的找到了不少SO型星系,并将它们正式命名为“透镜状星系”。



星系的哈勃分类

哈勃星系形态序列稍加修订后一直沿用至今。在庞大的星系交响中,这只小小的"音叉"串起了整个旋律的主线,人们由此意识到,看起来漫无头绪的星系其实并不像想像的那样纷乱,众多形态各异的星系原来是同一个家族中相互关联的成员。

六、星系中的活跃分子

哈勃用一只小小的“音叉”几乎串起了星系家族中的“各色人



等”，但是也有例外的：无论从形态还是结构上，它们都不同于哈勃分类法中的正常星系，这些活跃分子或是能发出射电信号，或者有大规模爆发现象，还有的星系核有着十分强烈的变化，从而使光度变化激烈异常。塞佛特星系就是第一个向人类展露了它与众不同的风采的特殊星系，从它的发现到命名，其间经历了20余年的时间。

卡尔·塞佛特是哈佛的天文学家，据说他在哈佛毕业发表告别辞时差一点儿就出了差错，因为他在这篇演说辞中表达了大意是说哥白尼并没有白白地死在火刑柱上的观点，但幸运的是他的讲稿被他的教授巴特·博克及时纠正。小小的失误并不能掩去塞佛特作为一名青年天文学家的才华。事实上，他是一位有心而且工作起来十分忘我的人。有一次他在威尔逊山天文台听闵可夫斯基谈到其所观察的星系，其中有几个星系的光谱很是怪异。闵可夫斯基没有继续探究这些奇怪星系的奥秘，但他的话引起了塞佛特的注意。1943年，塞佛特研究了12个形态异常的旋涡星系，结果发现它们的核有着明显的不稳定性。与通常的星系相比，它们很小而且特别明亮，星系核的光谱中有特殊的发射线，根据发射线、特别是氢发射线的宽度，可以推算出其中有气团以每秒500千米到4000千米的高速度运动着。

20世纪50年代，塞佛特应一家广播电台之邀担任傍晚时分的天气预报员，从那时起，塞佛特的生活中又多了一份工作，而听众们则因此而结识了一位出色的天气预报员。那段时期，塞佛特常常是在天文台忙碌了一天之后又匆匆奔向广播电台，但是有一天却出了意外。1960年6月，塞佛特在赶往电台的途中不幸遇车祸身亡，时年49岁。至少有一件事可以表明，塞佛特所发现的那些特殊的星系在当时并没有引起什么特殊的重视：《天空与望远



镜》杂志刊登的讣告对塞佛特的工作做了评述，但却没有提到塞佛特发现的星系——这些宇宙间的特殊成员是在60年代后期才有了属于自己的名字。那是在一次有关星系的学术讨论会上，博克提议这类星系应该以塞佛特和闵可夫斯基两个人的名字命名。但当时在座的闵可夫斯基却一脸茫然，他"实在记不起这样一件事了"，于是人类发现的第一种特殊星系便被命名为"塞佛特星系"。

从传统的观点来看，星系都是由大量恒星构成的稳定系统，但塞佛特星系的发现却表明事实并非如此。而这还仅仅是一个开始，在此之后，星系家族中的几位活跃分子相继以各具特色的方式为人们表演了它们的拿手好戏。紧随着塞佛特星系之后登场亮相的是射电星系，它是射电望远镜与光学望远镜联手取得的成果。

我们已经知道，在射电天文学诞生的早期，美国的无线电工程师雷伯便迅速行动，制成了世界第一架射电望远镜，为此他付出了2000美元的代价。利用他的射电望远镜，雷伯收到了来自银心的无线电波。有一天，当他将它对准天鹅座的时候竟收到了极强的射电信号。这是1944年，塞佛特星系被发现的第二年。通常在一个射电源被发现之后，随之而来的工作是对这一射电源进行光学证认，也就是说先精确测定它们在天球上的位置，然后为它们找到相应的光学天体。这一工作早在40年代时便已进行，但由于那时对射电源位置的测量精度不高，所以证认工作进展得十分困难。50年代射电干涉仪问世后，事情才出现了转机。1951年，英国天文学家史密斯用射电干涉的方法，精密测量了天鹅座A在天球上的位置，这为它的光学证认做好了必要的准备。根据史密斯指引的方向，1954年，美国天文学家巴德等人利用帕洛玛山天文台的508厘米海尔望远镜拍到了天鹅座A的底片，结果发现它是两个彼此十分靠近的星系，它们似乎正在碰撞。这时，人们方才意识到，原来



天鹅座A并非银河系中的一颗恒星，而是远在5.5万光年之外的射电星系。而在此之前，由于射电源光学证认工作进展缓慢，除了太阳以外，被证认出的天体只有金牛座A所对应的蟹状星云，而它是位于银河系内的。就是由于这个缘故，人们曾在很长一段时间一度以为射电源大多是银河系内天体。

天鹅座A在光学上相当于一颗18等的暗星，然而它的射电辐射却异常强烈，以至于它虽然离我们几万光年之遥，它所发出的信号还是被我们捕捉到了。很显然，这种辐射与通常的热辐射机制是完全不同的，所以这被称作非热辐射。

1958年，前苏联天文学家阿巴楚米扬指出，塞佛特星系的不稳定性和射电星系强烈的非热辐射，都是星系核活动性的表现。

还有一种活动星系名叫蝎虎座BL型天体。早在1929年的时候，蝎虎座BL星就被发现了，但在当时，人们仅仅将它视为一颗暗弱的变星而未加留意。到了1968年，事情却发生了变化。这一年，它被证认出与射电源VRO42.22.01相对应，它的真实身份也不是变星，而很可能是一个遥远河外星系的星系核。这个星系的外部看不见，只是因为星系核有强烈活动，它才被看到，再加上核的亮度迅速变化，所以它才会被当作是变星。在此之后，人们又发现了不少类似于蝎虎座BL的天体。

多年来，利用大型望远镜，天文学家们已经直接观测到有一些活动星系的核在发生激烈爆发，喷出大量物质，而它们放出的能量往往要比银河系在整个生存期间释放的总能量还要多。不过到目前为止，对于星系核为什么会爆发得如此激烈、它的能源机制如何等问题，科学家们尚未找到最合理的解释。又是一道20世纪留给人类的未解之谜，要破解它还需要更多努力。

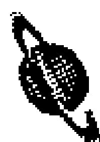


七、星系的集结

在星系是否均匀分布的问题上，哈勃与沙普利的观点是针锋相对的。在1936年出版的《星云王国》一书中，哈勃认为，星系在宇宙空间是均匀分布的。但沙普利的观点与哈勃的完全相反，前者曾在南半天球和北半天球进行了广泛的巡视，拍摄了成千上万个星系，仔细研究之后，沙普利得出结论：星系不仅数量极其巨大，而且它们的空间分布并不规则。

反对哈勃的并不仅仅是沙普利一个人。早在1930年，美国人汤博在寻找冥王星的过程中已经注意到了星系成团的趋势，特别是位于英仙座和仙女座的一个巨大超星系团。所以当他读到哈勃的著作之后，他曾试图与哈勃就这个问题做一些深入的探讨，但是哈勃对此却不感兴趣。与沙普利的矛盾使他没能公正地对待这个问题，以后的事实却证明了他是错的。1954年，乔治·阿贝尔在帕洛玛山天文台做巡天观测时拍下了900多张底片，结果证明星系在宇宙空间的分布的确是不均匀的。

星系通常会以双重、三重或者多重的结构出现，此时，我们称它们为双重星系（两个星系成对出现）、三重星系（星系三个一堆聚在一起）或多重星系。而当十几个、几十个乃至成千上万的星系大规模集结时，我们便把它们叫做星系群或星系团（后者的规模显然要比前者大得多）。星系团所构成的更高一级的成团结构称超星系团。举个例子来说吧。我们所处的银河系和仙女座星系乃至另几个近邻星系构成了一个由引力维系在一起的星系群，称“本星系群”，它包含了大约30个星系。而本星系群又同室女座星系群、M81星系群等构成了一个巨大的“本超星系团”。



这样说来，我们的银河系只不过是沧海一粟，更不必说我们所处的星球。事实上，从人类第一次睁开眼睛遥望星空的那一刻起，在日复一日、年复一年的探索中，人类不仅仅发现了越来越多的天体，更重要的是，人类逐渐学会了如何认识自己在宇宙间的位置。





第六章 膨胀的宇宙

20世纪上半叶，美国文化人类学家露丝·本尼迪克特为了研究原始文化——这正是她一生所致力的事业，曾多次深入美国西南部以及加拿大的一些印第安人部落中生活、考察。这些地方的人们在当时依然保留着许多与现代社会并不怎么合拍的习俗，比如祖尼印第安人对巫术的信奉，"祭司求雨时，他们就在地上来回滚石头，模仿雷声；洒水假装下雨；把一种本地的植物搗得直泛沫子，就好像云在天上浓积起来；他们还抽烟来吞云吐雾，为的是诸神的周围应该是烟雾缭绕的。扮神跳舞时，这些凡人都'穿'上神怪的'肌肤'，即神怪的色彩、神怪的面具，他们用这种办法来迫使诸神赐福于他们"。从过去到现在，像这样的仪式几乎每天都会在地球的某个角落举行，而他们的习俗其实正反映了人类发展早期对于神的崇拜。不过如今在大多数情况下，我们只能通过一些历史遗迹去感受这种崇拜的情结，比如金字塔。

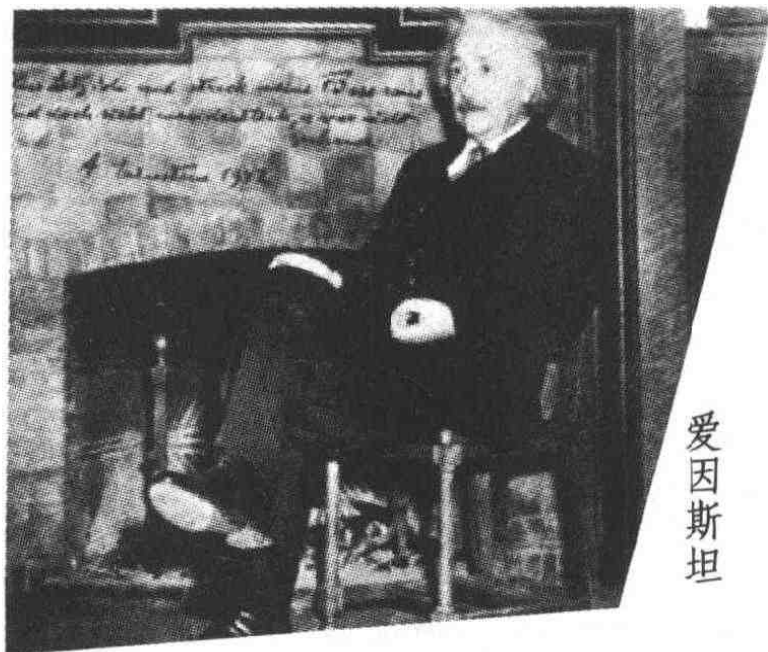
古埃及人在四五千年前修建的金字塔吸引着一批批的探索者和旅游者驻足流连，因为在这一座座巧夺天工的作品中包含着太多未解之谜。不少科学家认为，古埃及人的宇宙观就隐藏在这些建筑中。比如在木乃伊的棺柩上有这样的绘画作品：男神西布是地，女神吕蒂是天。在最开始的时候，他们是相互结合在一起、静止于原始水中的。有一天，一位神出现了，它用手将吕蒂托起，于是吕蒂伸开四肢支撑着自己，于是它的四肢成为天宇的四根柱子。而西布的身体成为大地之后，立即被绿色的植物覆盖了。此后，动物和人出现了。原来藏在原始水中莲蓬的花蕾里的太阳神，



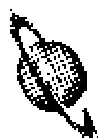
在天地分开之后腾空而起，宇宙诞生了。在许多古老文明中都有着关于宇宙诞生的神话，中国的盘古也是这样一位创造宇宙的英雄。公元前4世纪，希腊哲学家赫拉克利特提出"水星和金星环绕太阳旋转，其它行星和恒星一起环绕地球旋转"的观点。16世纪波兰人哥白尼提出日心说。17世纪，牛顿以力学方法研究宇宙，建立了经典宇宙学。进入20世纪，原子物理学、量子力学、广义相对论等的提出，为人们探索宇宙图景提供了更有力的工具。现代宇宙学随之确立起来。

一、爱因斯坦和第一个宇宙模型

阿耳伯特·爱因斯坦，1879年3月14日生于德国，1955年4月18日在美国普林斯顿医院逝世。在他年幼的时候，他的叔叔曾把毕达哥拉斯定理讲给他听，这使幼小的爱因斯坦开始对数学发生了兴趣。后来又有一次，父亲给爱因斯坦一只小小的指南针，指针总是指向北方的现象吸引着年仅四五岁的爱因斯坦，他想这里面一定有什么原因。这当然不是年幼的爱因斯坦所能解开的秘密，但这种好奇的品质却影响了他的一生。


爱因斯坦





19 世纪末，爱因斯坦全家从德国迁往意大利米兰，而爱因斯坦则一个人留下来继续他的中学学业，这种孤独的生活不久便使这个还只有 10 几岁的孩子感到厌倦。他退了学并来到意大利与家人团聚。但这一举动并不意味着他要放弃学业，事实上，他已下了决心要继续准备大学的入学考试。

那时的爱因斯坦对伯恩斯坦的科普著作《自然科学通俗读物》发生了浓厚的兴趣，其中关于光速的论述更是令他浮想连翩。走在住地附近的乡间小路上，年轻的爱因斯坦思考着这样一个问题：如果以光的速度运动，世界将会是什么样子？一个 10 来岁的孩子能产生这样美妙的想法，听起来似乎有些不可思议，但细想起来这其实也没有什么好奇怪的，对什么都好奇、对什么都没有成见的孩子保留了人类早期的最宝贵的特质，这就是为什么许多引人入胜的想法往往是从孩子们脑子里冒出来的缘故。遗憾的是，不少人成年之后却失去了这些最宝贵的东西。

1900 年 8 月，爱因斯坦从瑞士联邦理工大学毕业，由于身为犹太人，因此他奔波了两年时间才终于在伯尔尼瑞士联邦专利局觅到了一个职位，他在那里任一般职员直到 1909 年。

1915 年，爱因斯坦发表了《用广义相对论解释水星近日点的运动》，并在这一年的 11 月最终完成了广义相对论的研究。他指出引力的作用在于改变时空的几何性质，使时空发生弯曲。物质的质量及其分布决定了时空的弯曲程度：质量越大，分布越密，空间曲率越大，时间流逝得越慢。他所基于的出发点是质量与惯性质量相等这一日常现象，这被称为等效原理。

广义相对论的第一次成功是它合理地解释了水星近日点的超常进动。1859 年，法国天文学家勒维烈研究了水星近日点的进动，结果发现测量值比根据牛顿定律计算出来的理论值每世纪快38″，



以往的经验告诉他也许是水星轨道与太阳之间还有一颗未曾露面的行星在作怪,但多少年过去了,这颗星始终没有出现。后来美国天文学家纽康研究了1677~1811年间的水星凌日观测数据,以考察水星近日点的移动(即进动),于1882年宣布了他的研究结果:水星近日点每一世纪应该进动43″。但对这一现象最合理的解释是在广义相对论问世之后。根据相对论,行星运行轨道所通过的是弯曲的空间,因此每运行一周所通过的空间的路程都要有少许"过剩"。这就好像在一只球和一张纸上分别画一个相同大小的椭圆,结果会发现,尽管二者看起来似乎一样大,但将球面上的那个椭圆展开的话,它的表面积将比在纸上画的大。由于这个原因,行星每运行一周,其轨道的近日点都将逐渐前进,前进的速度可以由理论计算出来,对于水星来说,这个值是每世纪43″,与观测值十分吻合。

在广义相对论问世的早期,只有很少几个人能搞懂它在说些什么,爱丁顿就是其中之一。这位来自英国剑桥的物理学家、天文学家不仅是一位出色的相对论研究者,而且在恒星内部结构等研究上颇有造诣。据说20世纪20年代初,曾有一位记者告诉爱丁顿,说他听说世界上只有三个人能理解广义相对论,爱丁顿停了一下,然后回答:"我正在想这第三个人是谁。"爱因斯坦发表广义相对论时,爱丁顿正担任英国天文学会的秘书,他能很快便知晓爱因斯坦的学说,这还要感谢荷兰天文学家德西特。当时正值第一次世界大战时期,爱因斯坦所在的德国与爱丁顿所在的英国由于是交战国,彼此之间是不通邮的,但身处中立国的荷兰人德西特将论文副本寄给了爱丁顿。爱丁顿很快便投入到验证相对论效应的工作中,并为此做出了重大的贡献。

爱因斯坦的广义相对论曾作出两个惊人的预言,其中之一是说,由于太阳引力场作用,来自遥远星体的光线从太阳边缘掠过



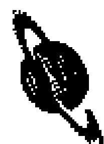


时,将偏转 1.75 秒的角度,这一数值是传统看法的两倍。要通过实际观测去验证它必须等到日全食的时候，因为此时直射的太阳光将被月亮遮挡住，从而使观测者可以更清楚地比较星光的偏折角。

1919 年 5 月 29 日,西非和巴西发生了日全食,英国派出两支考察队分赴两地进行观测，爱丁顿参加的一队奔赴西非的普林西比岛。出发前夜,爱丁顿的助手科延姆问皇家天文学家戴森爵士:“如果测得光线的偏折角是爱因斯坦所预言的两倍,那该怎么办?”戴森开玩笑地说:“那时爱丁顿会发疯,你只好单独一人回来。”三个月后,当爱丁顿对第一张日食底片进行了初步测量后,成竹在胸的他对科延姆说:“你不会单独一人回家了。”爱丁顿所用的方法是在日食时拍摄太阳附近的恒星照片，并在夜晚拍摄太阳远离该处时的同一组恒星,然后将它们的位置加以比较,从而得出星光的偏折角。

同一年的 11 月，爱丁顿宣布了他的发现，他们所测定的星光经过太阳时的偏折角与爱因斯坦所预言的十分符合，媒体争相对此做了报道。在广义相对论公布之后依然默默无闻的爱因斯坦在一夜之间成为媒体追踪的目标。据说此番成功曾被赞誉为战后英德两国和好的伟大行动。但后来人们再次检查那些照片时却发现，偏折的尺度与照片胶卷的测量误差之间是可以划上约等于号的。不过此后当科学家们在更大的精确度上重复爱丁顿做过的这项观测后,其结果证明爱因斯坦的预言是正确的。

爱因斯坦的另一个重要预言是强引力场中的时间比弱引力场中的时间流逝得慢，所以从强引力场的星体表面射到地球上的光的谱线会产生向红端的位移。但正常恒星的引力红移将是微小的，要测到它对当时的观测条件来说几乎是不可能实现的。但爱丁顿



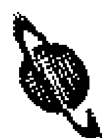
注意到了白矮星的情况。我们已经知道，天狼伴星是第一颗被证认的白矮星。1924年，爱丁顿在揭示了白矮星的本质的同时指出，白矮星由于体积很小、密度很大，它表面的引力场比太阳表面强得多，所以从它表面发出的光，其谱线的引力红移将大到足以检测出来的程度。他随后写信给美国威尔逊山天文台的亚当斯，建议后者利用该台精良的设备去测量天狼伴星光谱线的引力红移。亚当斯接受了这一建议。测量结果与爱丁顿推算出的数值十分吻合，这不仅证明爱丁顿关于白矮星本质的研究结果是正确的，也再次验证了广义相对论的正确性。

运用广义相对论考察宇宙，爱因斯坦于1917年提出了现代宇宙学的第一个宇宙模型。和当时其他人一样，爱因斯坦也相信宇宙是静态的。他认为宇宙空间是一个弯曲的封闭体，它没有边界，但它的体积是有限的，而且它不随时间而变化。因此，当他发现自己的方程预示着一个膨胀的宇宙时，他感到了困惑。为了解决这个问题，他假定有一种宇宙间的"斥力"和由万有引力而来的引力相互抵消，从而维持宇宙静态不变，这个斥力在他的方程式中用他称之为宇宙学常数的项来表示。这种做法让日后的爱因斯坦后悔不已，他曾说这是他在科学上所犯过的最大错误。但这是后话。

宇宙到底是静态的还是膨胀的，在1929年，一件具有划时代意义的事件之后，这个问题有了初步的答案。那么，1929年发生了什么呢？

二、膨胀的宇宙与稳恒态宇宙

早在19世纪上半叶，法国人费佐便发现当光源离我们远去



时，它看起来会越来越红，这时其谱线会向红端移动，即“红移”；而当光源向我们迎面而来之时，它看起来会越来越蓝，这时它的谱线会向紫端移动，即“紫移”。如同声源来去会产生音调的高低变化一样，光源移动时呈现出的谱线变化也被称作“多普勒效应”。这个效应被发现后，便很快成了天文学家研究天体的有力工具，利用它可以测出天体的视向速度，也就是这个天体朝我们飞来或远离我们而去的速度。1912 年，美国天文学家斯弗莱发现仙女座大星云正在以每秒 200 千米左右的速度向我们飞跑过来。两年后，他测算了 15 个星系的视向速度之后发现，其中有 13 个正在离我们而去，它们飞奔的平均速度在每秒 600 千米左右。斯弗莱的发现一经公布立即引起天文学家们的广泛关注，哈勃也是这些关注的人群中的一位。

哈勃曾在 1923～1925 年间发现河外星系，此后他对于星系的研究兴趣可以说是日益浓厚。1929 年，哈勃利用红移量与光谱线波长及与视向速度的关系测算了 24 个星系的红移，结果他发现距离越远的星系红移量越大，也就是说它们离开我们的速度越快，距离与离开的速度成正比关系，这就是著名的“哈勃定律”。他还计算出当星系的距离每增加 1000000 秒差距时，它退离我们的速度每秒便增加 55 千米，这个数值称“哈勃常数”。

这些星系何以会离我们而去呢？此前苏联数学家费里德曼和比利时天文学家勒梅特提出的大胆设想或许能为此找到合理的解释。时任列宁格勒大学数学教授的费里德曼在 1922 年的时候曾对爱因斯坦的静态宇宙做了改进，他按照空间曲率 K 为正、零、负三种情况建立了三种不同的宇宙模型，从而赋予爱因斯坦方程动态的意义。根据他的宇宙模型，宇宙开始于一个“奇点”，这是一种密度无限大的状态，此后因膨胀而转化为各种低密度状态。因为空间

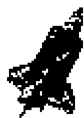


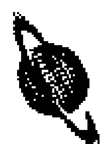
弯曲程度是随宇宙间物质的质量及分布而变化的，这导致宇宙的不同结局：当物质的量少于某个临界值时，膨胀将一直继续下去，这时的宇宙是"开放的"；而当物质的量大于这个临界值时，其引力将十分强大，足以使膨胀停止并随之转变为坍缩，其结果是使宇宙重回到某种超密状态，这样的宇宙称为"闭合的"。费里德曼是当时少有的几个对爱因斯坦静态宇宙提出否定意见的人。1927 年，比利时人勒梅特又明确提出了"空间随时间而膨胀"的概念，由于缺乏观测依据，勒梅特的概念没有能引起人们的重视，但哈勃定律的提出使人们重新拾起了两年前的这桩往事，因为哈勃的发现表明宇宙的确是在膨胀的。

如果想要更直观地理解哈勃的这个发现，我们不妨去想象一只气球。为了看得更清楚，我们可以先用彩色水笔在气球表面点上几个点。然后我们将气球吹鼓，这时就会看见刚刚还聚在一起的那几个点，现在正随着气球越吹越鼓而越离越远，而它们在气球上的位置本身并没有丝毫变化。假设其中一个点是我们所处的银河系，当整个宇宙处于膨胀状态时，我们自然会看到其它星系（气球上的其它那些点）正在远离我们。

但是如果宇宙是膨胀的，那些向我们飞奔而来的星系又做何解释呢？我们已然知道，星系有成团的倾向，大大小小的星系常常会在引力的束缚下构成星系群、星系团甚至超星系团。宇宙膨胀的确使星系团彼此分离，但在某个星系团中，情况却大不相同。由于引力的作用，一个星系团内的两个星系既可以互相远离，也可以互相靠近。

既然宇宙是在不断膨胀的，那么在最初的时候应该有一个开端，那时所有的星系都集中在一起，就像那只尚未充气的气球一样。循着这样的思路，比利时人勒梅特在 20 世纪 20 年代末率先提





出"宇宙蛋"爆炸假说，它将包含宇宙中全部物质的原始天体称为"宇宙蛋"。这个"宇宙蛋"是极不稳定的，它在一场骤然爆炸后形成了无数碎片，这些碎片以后演变成为星系，而碎片内的物质后来凝聚成了一颗颗的恒星。直到今天，这些星系仍在向四面八方飞散而去，这就是宇宙的膨胀。勒梅特曾说"给我一个原子，我将用它建造出一个宇宙"也正是这种观点的反映。

勒梅特的"宇宙蛋"在美籍俄国科学家伽莫夫手中得到了继承和发展。这是一位有着诗人气质的科学家，在少年时代他曾对诗歌和几何学同样发生了兴趣，但他最终却选择了科学作为终生的事业，这还要感谢他的父亲。在伽莫夫小时候，有一次，他从父亲那里得到了一只小显微镜，他于是用它去观察红酒和面包，试图了解它们与血和肉的组成是否一样，由于分辨率低，他的试验并不怎么成功，但伽莫夫日后回忆说，正是"这次实验使我成了一个科学家"。20 年代初，伽莫夫进入列宁格勒大学学习物理。在那里，他亲耳聆听了数学教授费里德曼开设的"相对论的数学基础"课。这对伽莫夫以后成为膨胀宇宙观的重要人物起到了直接的作用。

1948 年，伽莫夫在勒梅特理论的基础上提出了大爆炸宇宙学，它所描绘的宇宙诞生和成长的图景是这样的：宇宙在很久以前曾处于一种高温、高密度的状态，这就是"原始火球"，大约距今 150 亿～200 亿年前的一次大爆炸使物质向四处散开，宇宙中充满的是质子、中子、光子、中微子等基本粒子形态的物质。随着宇宙不断膨胀，温度迅速下降，当降到 100 亿度左右时，中子开始失去自由存在的条件，它将衰变成为质子和电子，或者与质子结合成氘、氦等元素。当温度降到 100 万度以后，形成化学元素的过程结束，此时的物质状态是质子、电子和一些轻原子核构成的等离子体。此时物质较稠密，它们会吸收和散射辐射。温度继续下降，当降至4



千度左右时，等离子体将凝聚成通常的气体，质子、中子、电子结合成原子。在此之后，热辐射将可以在空间自由穿行，而不再会被物质吸收和散射。宇宙继续膨胀，辐射温度继续降低，气态物质逐渐凝聚成气云，以后又进一步收缩成星系或星系团，形成恒星，逐渐形成今天生机勃勃的世界。经过精确计算，伽莫夫预言大爆炸还有辐射遗留到今天。1953 年，伽莫夫和他的研究生阿尔法和赫尔曼研究认为，这种辐射的温度可能是 5K。

伽莫夫等人的理论由于没有实验证据，因此在它刚刚被提出的时候，人们仅仅将它看做是一个猜测而未加太多注意。但在 60 年代，彭齐亚斯和威尔逊发现宇宙背景辐射，它无论在定性上还是定量上都与大爆炸理论的预言相符合，从而有力地支持了这一理论。（见第七章）

就在伽莫夫提出大爆炸宇宙理论的同一年，一群来自英国的科学家提出了另一种"稳恒态宇宙学说"。促成这一学说诞生的一个原因是这样的：大爆炸尽管有其合理之处，但当时在这一理论框架下测得的哈勃常数为 560 千米／秒・百万秒差距，由此计算出的宇宙年龄仅为 50 亿年，而人们已经知道有些恒星的年龄高达百亿年。年龄上的矛盾为科学家们提出了新的问题，不少人着手寻找更加合理的宇宙模型。英国剑桥大学的霍伊尔等人就是在这样的背景下开始了新的探索。

稳恒态宇宙学说是由霍伊尔以及另两位英国科学家赫尔曼・邦迪和托马斯・戈尔德共同提出的，它所依据的出发点是"完全宇宙学原理"，即认为宇宙中的物质分布是均匀的和各向同性的，而且在时间上是不变的。稳恒态宇宙模型永远膨胀，同时既然是"稳恒态"，此模型中物质的密度将维持在某一稳定值。这似乎有些不可思议，如何才能让宇宙既不断膨胀又密度不变呢？这就要求不断



有新物质产生，稳恒态宇宙所要求的物质的产生便是创生，通俗地说就是纯粹的无中生有。根据计算，这种"无中生有"的速率应为平均每5千亿年在1立方米体积内要产生出一个氢原子。只有这样，才能在宇宙不断膨胀的条件下，物质密度可以保持不变。与大爆炸宇宙所主张的演化的宇宙不同，稳恒态宇宙所描绘的是一个没有演化的宇宙。

稳恒态宇宙模型有其可取之处，但它却是与已被大量实验证实了的能量守恒、质量守恒等定律相冲突的。因为要使膨胀的宇宙维持恒定的密度，就得有物质不断地从虚空中产生出来。不仅如此，它在实际观测中也没能经受住考验。事情发生在20世纪50年代，主人公是我们曾经认识了的英国剑桥卡文迪什实验室的天文学家赖尔。50年代初，天鹅座A被证认为射电星系后，永远渴望新挑战的性格使赖尔确定了下一步的研究目标：探索空间中最遥远的射电天体和宇宙结构，寻找宇宙发展的线索。综合孔径的发明将观测范围从大约10亿光年拓展到了大约100~200亿光年，这使赖尔的目标得以实现。他和他的同事们展开了射电巡天，随着综合孔径系统的分辨率和灵敏度越来越高，观测到的射电源也越来越远、越来越暗。结果，赖尔发现射电源的空间密度是由密到稀演化的，而稳恒态模型所要求的密度是不随宇宙时期而变化的。以后的故事我们都知道了，由于在射电天文学领域的贡献，特别是在综合孔径技术方面的创造和发展，赖尔与同在卡文迪什的休伊什分享了1974年的诺贝尔物理学奖。诺贝尔资金委员会评价赖尔的成就时说："赖尔的测量使我们得出结论，宇宙的稳恒态模型是不能接受的。在大尺度上，宇宙必须用动力学的演化模型来描述。"

稳恒态模型没有能得到广泛的接受，这当然是由于现有的观测结果不足以检验它的正确性，而更重要的是，稳恒态模型难以解



释宇宙背景辐射现象。如果背景辐射不是大爆炸的产物，那么就只能认为它是由星系的射电辐射叠加形成的。当然，射电星系确实可以发出背景辐射的射电波，但问题是，目前已知的射电源尚无法给出足够的强度。为此，人们提出这样一种设想，认为还存在着许多尚未探测到的弱强度射电源，但这样的射电源因为发射强度小，所以要叠加到一定程度的话，就必须有大量这样的射电源才行，其数目将是目前可见星系数目的10000倍。如此巨大的数目使人不得不产生了怀疑：是否真的存在这样的弱射电源呢？

目前，尽管大爆炸宇宙模型也还有不少待推敲之处，但已受到人们普遍认同，不过霍伊尔并未因此而放弃自己的观点，他更加努力地工作，以期找到更多证据支持自己的学说。1990年，他和阿尔普、伯比奇、纳立卡尔和维克拉马辛哈等几位科学家共同在英国《自然》杂志上撰文阐述稳恒态宇宙成立的可能性，不仅有理论的论述，更有大量天文观测事实，比如年轻星系的存在。人们曾一度认为，如果稳恒态宇宙是正确的，那么在所有的红移距离上都应该能找到年轻的星系。霍伊尔等人指出，如今的观测事实已证实了这一点，特别是红外天文卫星发现了许多星爆星系，其中有些可能非常年轻。宇宙的年龄依然是问题的一个焦点。近年来，随着技术手段的发展，人们重新测得了哈勃常数为50～130千米/秒·百万秒差距。这虽然使宇宙的年龄大大增加，但即使按最低数值计算，宇宙年龄也只有130亿年，而最老的恒星年龄则大约在120亿～160亿年。1993年，霍伊尔等人再次提出稳恒态宇宙模型，对物质的产生做了修改，提出物质是通过宇宙中到处发生着的“小型大爆炸”的强烈爆发而进入宇宙的，这种小型大爆炸引起了空间的膨胀，也产生了氢、氦等轻元素，而产生出的这些轻元素的数量与在银河系最年老的恒星上观测到的一样多。霍伊尔等人称，他们的论



文并没有打算给出最终的宇宙学观点，而只是想"冲破当前大爆炸宇宙学的顽固阻碍，打开一扇通往新观点的大门"。

另辟蹊径的想法总会促使人们去思考，因此尽管稳恒态宇宙模型还有不完善之处，而且没有太多人去接受它，但作为一种新思路，它的出现仍是有价值的。在这点上，霍伊尔本人的一段话也许是值得回味的："我们还是一定要小心，不要受天文学中一直存在的倾向性观点的影响，不要以为世界上除了用今天的仪器所正好能够观测到的那些事物外，就再也不存在其它任何东西了。"

而从另一方面来说，霍伊尔的执著也着实令人敬佩，这么多年来他的实践似乎在告诉我们什么叫做"坚韧不拔"，即使是在明显处于劣势的时候。对于自己的观点不被广泛接受，霍伊尔曾写下过这样一段话："当贝多芬双耳失聪被从世间的享乐之中隔离出来之后，他就像装上了神奇的接收装置，能够接收到来自宇宙信号的特殊成分，它将随着时间的推移而愈加清晰。这也将是我的选择。我们每个人都将聆听，也许最后的抉择在于我们自己是否听到了奥林匹斯山上宙斯的雷声。"在宇宙起源的争论中谁输谁赢已不再重要，重要的是，人类将以自己的智慧与毅力去揭开宇宙和我们自己的奥秘，这也许才是科学研究最美妙的境界。

现代观测资料表明，宇宙大概是正弯曲的，也就是说宇宙无边但却有限，它可能会向四面八方无限伸展，但它的质量却是有限的。有趣的是，如果单纯从理论的角度来看，这种正弯曲宇宙所描绘的将是一幅"振荡宇宙"图景。那么，这种振荡是如何产生的呢？我们不妨来设想一下。一次剧烈的大爆炸之后，宇宙开始慢慢膨胀，当它的全部质量超过某一临界值时，宇宙的膨胀将最终停止，漫长的岁月过去了，宇宙在引力作用下开始收缩，也许在数十亿年之后，这个宇宙将再度收缩成大爆炸前那种高温、高密度的状态，





之后新的一次大爆炸发生了，宇宙将再次膨胀成为今天我们看到的样子。与大爆炸宇宙学说最突出的不同之处在于，"振荡宇宙"意味着宇宙可能从来就没有开端，而我们生活的宇宙也许仅仅是无数次膨胀与收缩中的一次。

三、暗物质

宇宙最终将收缩还是膨胀，这将取决于宇宙总质量。如果加入了足够的质量，宇宙将最终停止膨胀而开始坍缩；但如果宇宙的质量不够，它就会永远膨胀下去。人们在夜晚观测天象时，看到的仅仅是那些能发出光亮的恒星和星系，它们所拥有的质量不足以阻止宇宙的膨胀。但根据对银河系和其它星系的研究，天文学家意识到宇宙中还有许多物质是看不见的，它们被称为不可见物质，或称暗物质。根据天文学的观察和研究发现，暗物质在宇宙中约占90%，这个数字意味着，正是这些看不见的物质构成了宇宙的主体。这些暗物质到底是什么？至今为止，还没有一个人能看到它们。

20 世纪 80 年代，有人提出利用引力透镜去探测宇宙间的暗物质。那么，什么是引力透镜呢？我们已经知道，太阳的引力会使星光偏折。根据广义相对论，物质在弯曲时空中总是沿最短路程作自由下落，光线也一样，它总是沿着弯曲时空的最短可能路径进行传播。但在远处的观测者看来，光线是沿抛物线途径传播的。这样，当遥远恒星的光线从太阳附近通过时，在太阳的另一边，每条光线将集中通过一个大致的焦点，这种因引力而形成的效应被形象地称为"引力透镜"。这种透镜的聚焦能力是随与太阳距离的远近而变





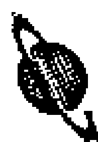
化的，在靠近太阳的地方就强些，离太阳越远，聚焦能力就越弱。

引力透镜可以将通过它的光量放大，比如在太阳焦点上（也就是在地球到太阳距离550倍的地方），一个与太阳在同一条直线上的恒星看上去就像一个环绕在太阳外面的光环，它的光亮度将增加数千倍。这种特性为研究暗物质提供了一件特别有用的工具。暗物质的一个可能来源是质量太小而无法进行热核反应的星体，它们不发光，因此人们无法看到它们，但这些暗物质是有质量的，有质量就可以形成引力透镜。当它们从遥远恒星面前经过时，就会像前面提到的那样，以引力透镜的方式使这些遥远恒星所发出的光看上去更亮一些。

引力透镜是奇妙的，但要看到这样的效应却必须等待时机。只有当两个遥远天体与地球恰好成一条直线时，引力透镜效应才会被观察到。但人们并未因此而放弃。功夫不负有心人。1979年，人们在遥远天际找到了第一个双类星体，它的映像被挡在它前面的星系分裂成两个。但后来天文学家认真检查了两个映像的性质，结果认为它们实际上来自同一个天体，这就是人们发现的第一个引力透镜。此后人们又相继观察到多起此类事件，但这些引力透镜是否就是由暗物质形成的尚无定论，很显然，要获得最终的结果还需要更多的证据。

四、寻找反物质的世界

北京时间1998年6月3日，美国的"发现号"航天飞机发射升空。与以往的发射不同，这一次，航天飞机携带了一台阿尔法磁谱仪(Alpha Magnetic Spectrometer, 简称AMS)。这台仪器在太空运行



两周，检测仪器的性能，并取得初步的物理结果后返回了地面。但它的使命并未就此结束，航天飞机将于 2002 年 1 月 19 日把它送到由美、俄、西欧和日本合作研制的阿尔法空间站上，运行 3 至 5 年。

阿尔法磁谱仪实验是一个大型国际合作科学实验项目，包括美国、中国、意大利、瑞士、德国、芬兰等十多个国家和地区的 37 个研究机构的物理学家和工程师参加。阿尔法磁谱仪的主要目标是寻找太空中的反物质和暗物质，同时还能对宇宙中各种同位素的相对丰度进行精确的测量。这些测量结果将对解决天体物理、粒子物理和宇宙论中的许多重大疑难问题起到举足轻重的作用。

反物质的世界是如此引人入胜，以至于不仅仅物理学家关注它的研究进展，科幻作家们更是以反物质的世界为背景创作了不少好玩的故事。在一些科幻小说中我们会看到这样的情节：来自反物质构成的外星球的人来拜访地球，也许他们并没有什么恶意，但不幸的是，当反物质构成的外星人与正物质的地球人热情握手的瞬间，两个人却同时消失了，化为一道强光和巨大的能量。这一恐怖的情节所依据的是一种物理现象：当正物质与反物质相遇，将发生湮灭而转化成光子。

1928 年，英国物理学家狄拉克根据相对论理论创建了相对论波动方程，并预言自然界中可能存在着与电子质量相同、电荷相反的反电子。这种想法在当时听来几乎是不可思议的，但在 1932 年的时候，美国物理学家安德逊在宇宙射线实验中发现了正电子。此举证明了狄拉克的预言，也引起了科学界的轰动。这是具有普遍性的现象还是仅仅是一次偶然事件呢？1955 年，一项十分有力的证据被找到了，人们开始认识到反物质的世界的确是存在的。

塞格雷 1905 年 2 月 1 日生于意大利罗马。大学时，他原本在



罗马大学学习工科课程。但有一件事对他的未来前途产生了影响，使他最终没有成为一位工程学博士。1927年，为了纪念干电池的发明者、意大利物理学家伏打逝世一百周年，世界物理学家聚会科莫举行了隆重的纪念大会。塞格雷在这次会上第一次听到了物理学家玻尔关于量子力学和他所建立的原子模型的讲演，从中了解到世界上除了遵从牛顿力学规律运动的天体和地面物质的宏观世界之外，还有遵从量子力学规律运动的分子、原子、电子、基本粒子等微观世界。这个大门才刚刚开启不久的微观粒子世界让这位才只22岁的青年心驰神往。当时，著名的理论物理学家费米教授正在塞格雷就读的罗马大学执教，在他的影响下，塞格雷不久便投在费米门下改学物理学理论。1928年，就在狄拉克预言反粒子存在的同一年，塞格雷取得了博士学位，开始从事原子物理和光谱的研究。1938年，由于墨索里尼法西斯的迫害，他被迫离开意大利，前往美国加利福尼亚大学。

塞格雷到加州大学从事研究的时候，张伯伦是该校的研究生。张伯伦比塞格雷小15岁，他曾对物理学在生物上的研究十分热衷，但在塞格雷的影响下，他对核物理研究产生了浓厚的兴趣。共同的志趣构成了两个人成功合作的开端，他们决定寻找被预言了20年却迟迟没有露面的反物质的世界。在此之前，曾有不少科学家已开展了这方面的工作，但是除了1932年已被发现的正电子之外，人们一无所获。于是包括一些著名科学家在内的许多人对宇宙间是否普遍存在反粒子产生了怀疑。在这样的背景下开始的探索无疑是艰难的，但两个人事后回忆说，所有成功都孕育在艰难之中，躲避艰难就不可能有新的发现。1953年，一台能量为62亿电子伏特的质子加速器在加州大学建成，这台加速器用加速的质子轰击铜靶能产生大量的其它粒子。不过在加速器产生的几十万个



粒子中才可能有一个反质子，这为塞格雷和张伯伦的工作增加了不少难度，但他们并没有因此而放弃。他们采用过滤分离实验技术，在大量的粒子中寻找着他们想要的。时间一天天地过去了。1955年，反质子的存在终于第一次被证实了。

反质子的发现有力地支持了反物质理论，也促使更多科学家投身到这一领域。以后科学家们又发现几乎所有的物质都有它的反物质（当然有些物质的反物质就是它自己，比如光），并认为正物质和反物质应该是对称的。正物质与反物质相遇发生湮灭而转化为光子。

反物质的存在已在实验中得到了证明，但宇宙中是否存在反物质仍是科学上的一大难题。大爆炸理论的提出是20世纪科学的重大进展，而且大量的天文学观察和天体物理实验结果也支持了大爆炸理论。根据粒子物理理论，大爆炸应该产生同样数量的物质和反物质。很早以前人们认为这个想法是有根据的，因为正物质和反物质应该是对称的。但50年代杨振宁、李政道根据对实验事实的分析提出“宇称不守恒”理论，它的提出很快便导致了“正物质和反物质在宇宙中应该是对称的”这一观念的动摇。一种可能的设想是，也许现在宇宙只有正物质，没有反物质，即反物质都已经湮灭了，除非用很大的能量才能将它制造出来。宇宙的早期，正物质和反物质几乎一样的多，在总量上正物质比反物质稍微多出“一丁点儿”，后来宇宙的温度越来越低，所有等量的正物质和反物质相遇时就发生湮灭而转化为光子，而多出来的那“一丁点儿”正物质一直留到现在成为存在的物质。如果这一推论是正确的，那么在宇宙中就不应存在原初的而非高能反应产生的反物质。但这需要得到实验上的证明，而AMS实验的一个目的就在于此。

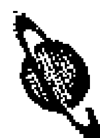
AMS实验的另一个目的是寻找暗物质。暗物质到底是什么？

用实验寻找这些暗物质成为当今科学的又一大难题。暗物质的湮灭,可能在反质子、正电子或光子的能谱中形成独特的分布。阿尔法磁谱仪能够精确测量在太空中反质子、正电子或光子的能量分布,进而有可能给出这个问题的答案。

阿尔法磁谱仪主要由这样几个部分组成:永磁体、上下各两层的闪烁体、紧贴永磁体内壁的反符合计数器、内置的六层硅微条探测器等。其核心部分是永磁体,它能产生强大的磁场。探测器通过探测宇宙射线的速度、在磁场中的运动轨迹以及能量损失等信息来计算它所带的电荷和质量,这样就能确定它属于何种粒子或原子核。然后把探测器探测到的各种粒子的能谱与现有的各种理论模型所预言的能谱进行比较分析,进而推测宇宙中是否存在反物质和暗物质。

在这一重大国际项目中,中国科学家承担了阿尔法磁谱仪中最关键的永磁体的研究任务。几十年来,物理学家提出过各种方案企图将磁谱仪送入太空,但由于无法制造一个无需携带电源、可以在太空运行的磁铁而作罢。中国科学院电工研究所的科学家们根据多年研究核磁共振永磁体的丰富经验,提出了完全利用钕铁硼永磁材料的独特设计方案。它的磁场强,漏磁非常小,磁二极矩几乎为零,完全能满足阿尔法磁谱仪实验在空间运行的要求。这个磁铁直径 1.2 米,长 0.8 米,重 2 吨,磁场强度为 1400 高斯(是地球磁场的 2800 倍),能长期在太空的条件下稳定运行。包头稀土材料研究院为 AMS 飞行磁铁的一部分提供了世界上性能最好的钕铁硼材料。飞行磁铁的各项性能指标完全达到了设计要求,AMS 实验组的物理学家和美国宇航局的专家对飞行磁铁的性能给予了高度评价。

中国科学院高能物理所承担了反符合计数器的研制工作。反



符合计数器是阿尔法磁谱仪的一个组成部分。阿尔法磁谱仪包括有多个子探测器，这些探测器的研制与往常在地面研制探测器最关键的不同之处在于：它必须经过非常苛刻的空间条件的试验。反符合计数器是这些子探测器中第一个经过主要的模拟空间环境试验的探测器，因此，它的研制给阿尔法磁谱仪的其它探测器的研制积累了宝贵的经验。

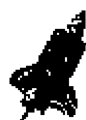
整个探测器的机械结构的设计、制造和环境实验由中国运载火箭技术研究院承担。它的精度非常高，自重300千克，却必须支持重达3吨的探测器，并要达到航天飞机起飞和着陆时对机械结构强度的苛刻要求。探测器在北京卫星环境工程研究所进行了振动试验，在中国水利科学研究院进行了高达17.7g的离心试验。

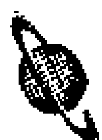
AMS是一个带磁场的谱仪，可以分辨出粒子的电荷符号，这与以前的探测器是根本不同的，因此在科研上具有很大价值。同时，这项研究还将对我国基础科学研究和多项高技术的发展具有促进作用。

五、引力波探测

20多年前，当我还是一个小孩子的时候，我也和许多同龄的孩子一样喜欢在晴朗的夜空寻找自己熟悉的星星，而且十分想要知道那些明亮或不明亮的星星究竟是什么？在被称作宇宙的地方曾经发生过什么、正在发生什么、将要发生什么？那时的我当然无从知道，对于引力波的探测可能将最终揭开所有这些问题的谜底。

引力波是爱因斯坦的广义相对论中所预言的一种辐射。现在我们已经知道，恒星演化晚期，它们往往会变成体积小、密度极大





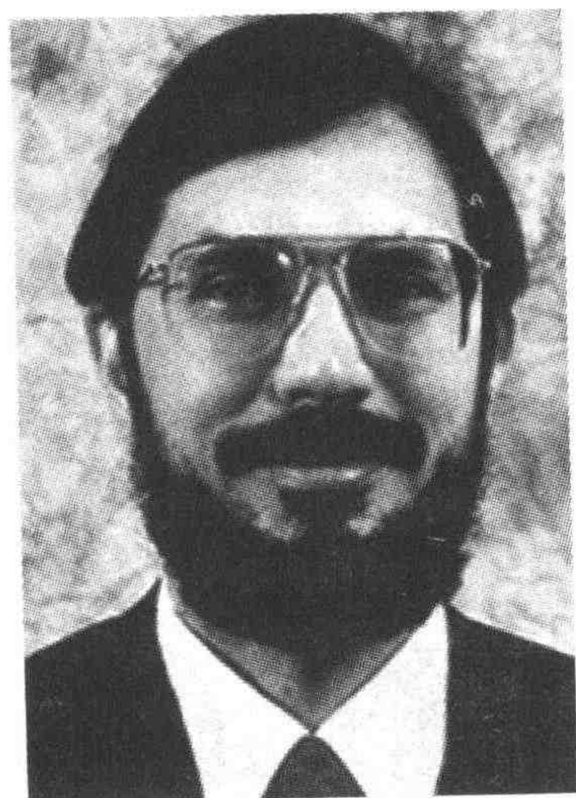
的天体，这种天体的引力场很强，其活动将伴随有引力波的产生。这就好像大海，当海上起了风暴，或者是船只行驶在海上，甚至是有人将一粒小小的石子投进海里，当然也可能是在地球的深处发生了像地震、火山之类的强烈活动，这些都可能会在大海中引起不同强度的波动，荡漾的涟漪会慢慢地向四周蔓延开去，逐渐减弱，直至消失。

理论预言，能显著产生引力波的过程有：大质量天体的碰撞、脉动等；恒星的膨胀或坍缩；黑洞的蒸发、碰撞等。如果能探测到这些过程，就可以从中了解引力波源的性质。

在所有有关引力波探测者的故事中，约瑟夫·韦伯的故事也许是最引人注目的。韦伯，一位美国的物理学家，长着一头和爱因斯坦一样的又粗又硬的灰白头发。在引力波研究的早期，包括爱因斯坦在内的大多数科学家都仅仅把引力波看做学术兴趣，因为他们认为，如此微弱的信号是无法探测到的。但韦伯却偏偏不信这个邪，他推断，引力波如果存在，就可以通过一个灵敏度极高的探测器发现它们。他的执著促使他不断改进着他的设备，到 1969 年的时候，他宣称他已探测到了引力波的迹象。这一结果在物理学界引起了轰动：理论家们想象某个位于银河系中心的黑洞可能会发射出强烈的引力波；而实验家们则竞相复制韦伯的探测器，浩浩荡荡地加入探索这个天文学新领域的阵营。然而不久之后，人们便失望了，因为就在韦伯继续报告着他收到的更多信号的同时，其他的探测者们却什么也没有发现。

韦伯最终没能通过怀疑论者的严格检验，但他的工作却激发了物理界对引力波的探索。到了 70 年代的时候，事情出现了转机。1974 年，美国天体物理学家泰勒和他的研究生赫尔斯发现了第一个射电脉冲双星系统 PSR1913＋16，它的轨道周期很短，而轨





赫尔斯

道椭率很大，这使得它的轨道速度很高，可达十分之一光速。两个中子星很近，其引力效应很强。由于双星系统在引力波辐射的同时会失去大量能量，两颗中子星的距离就会越来越近，轨道周期将随之变短，所以要检测引力波的存在，最重要的是要精确地测量出脉冲双星轨道周期的变化。泰勒等人在发现了 PSR1913＋16 后随即便展开了这方面的工作。在经过上千次观测之后，他们获得了 PSR1913＋16 的轨道周期变化率，这一观测值正好与理论预期值相符，最新的观测数据表明，其误差不超过千分之四。这是人类第一次获得引力辐射存在的观测证据，从而证明了爱因斯坦广义相对论预言的正确。

80 多年前，爱因斯坦预言了引力波的存在，脉冲双星的发现也证明了引力波确实是存在的，但到目前为止，人类尚未直接探测到引力波。不过，科学家们并未因此而放弃这项如此令人心动的研究。在 21 世纪，这项工作将全面展开。来自欧洲空间局的消息说，他们可能将在 2010 年到 2020 年前后将一个名叫“激光干涉仪空间天线（Laser Interferometer Space Antenna，LISA）”的超级探测器送上太空。它不仅灵敏度要比韦伯所用的仪器强得多，而且在太空中开展它的探测工作也将使它可以免受地面噪音的干扰。LISA 由四个飞船组成，每艘飞船都配有红外激光器。在整个探测过程中，它们将相互发射激光光束。在没有异常情况的时候，它们所收到的



信号将是重合的，而一旦有引力波出现在它们所探测的区域，就会使这些信号产生十分微小的变化，从这些变化中，地面上的科学家们就可以判断引力波波源的性质，以及它与我们的距离等。因为飞船之间的距离非常遥远，任意两只飞船之间光的传播时间需要17秒，所以要想探测频率高于每17秒1周的引力波会困难一些，但它在探测每100或1000秒1周的低频波方面却具有显著的优势，而一些黑洞的活动、双中子星的合并等事件所产生的引力波频率正好在LISA的波段。

泰勒

到目前为止还没有人能预测引力波会在何时被人类捕捉到。但可以知道的是，如今，世界各地的科学家们正守候在高精度的仪器旁，等待着来自宇宙深处的第一束涟漪，但它可能将是十分微弱的。通过探测引力波，人类可能将直接"目睹"恒星的诞生与死亡、黑洞的产生与活动，还可能了解宇宙诞生之初的那一声"爆炸"是在什么时间、什么地点发生的，宇宙又是如何变成今天这个样子的。伴随着引力波探测的成功，天文学的一个新的分支也将诞生，那就是引力波天文学。所有这些都将是令人激动的，但这并不是我们探测引力波的全部意义。上个世纪，当赫兹发现电磁波时，没有人意识到这一发现的重要性，而现在我们几乎无法想象，如果这个世界上没有电磁波，我们的生活会是什么样子。那么这一次引力波的探测带给我们的又将是什么呢？"只要不断探索，一切自有分晓"。



第七章　射电天文学四大发现

1944年，战争的阴云依然笼罩在我们古老的星球上，在与战场一海之隔的美国，一位名叫雷伯的无线电工程师在自家后院里调试着新研制的设备。外界的纷争对他来说并不重要，他的“耳朵”已伸向了更遥远的地方：他希望他的新设备能让他“听”到更多地球之外的“声音”。终于有一天，他的设备有了反应，一束来自银心的信号让雷伯欣喜异常。至此，人类研制的第一架射电望远镜第一次接收到了来自宇宙的“心跳声”。

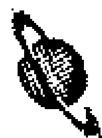
20世纪30年代射电天文学诞生的时候，很少有天文学家意识到它能在天文学研究中发挥什么作用，但仅仅几年后，科学家们便利用射电方法探测到来自银河系的中性氢21厘米谱线，此后又利用这条重要的线索揭示了银河系的旋涡结构。与此同时，科学家们还运用射电干涉和光学方法对天鹅座A进行研究，结果吃惊地发现，它并不是以往人们认为的银河系中的一颗恒星，而是远在5.5万光年之外的射电星系。在一次次的成功实践中，射电天文学得到迅猛的发展。60年代，科学家们用射电方法找到了类星体、宇宙背景辐射，证实了中子星的预言，发现了大量星际分子，这被称为60年代射电天文学四大发现。射电天文学已进入成熟阶段。

一、它们离我们飞奔而去——类星体

站在铁道边上，我们都会有这样的经验：随着列车飞驰而来，我们会听到一声高过一声的汽笛声；而当它渐渐离我们远去时，响亮的汽笛声也会越来越低，直至最后消失。一声声汽笛在一般人听来已是司空见惯，但在有心人的耳朵里，它们却变得不同凡响。1842 年，奥地利物理学家克里斯琴·约翰·多普勒（1803－1853）指出，由于声源的相对运动，听者会感到有高低的变化：当声源远离听者时音调变低，接近听者时音调变高。把这种变化的音调与声源静止不动时的音调进行比较，就可以算出声源接近或离去的速度。这就是有名的多普勒效应。1848 年，法国物理学家费佐——他正是那位拍摄了第一张太阳照片的人——指出，这种多普勒效应，对于光也同样适用。如果光源远离观测者而去，谱线就会向红端移动，叫“红移”；如果光源向观测者飞奔而来，谱线就会向紫端移动，叫“紫移”。人们可以从“红移”或“紫移”的多少，算出光源运动的速度。1868 年，哈根斯首先用这种方法测出了天狼星光谱中一条谱线的微小红移，并据此计算出天狼星正以每秒大约 47.3 千米的速度远离我们而去。

类星体是迄今为止人类发现的红移量最大的天体，从表面上看，它们与普通恒星十分类似，但它们的光谱中巨大的红移却令它们显得卓而不群。类星体的发现以及与它有关的那些难解的谜团都是令天文学家和天文爱好者们感兴趣的话题。

本世纪 30 年代，射电天文学出现。到 50 年代，天文学家们已经发现了不少射电源，并找到了一些射电源的光学对应体。但是，由于当时的射电望远镜分辨本领不高，还有许多射电源的光学对



应体没有找到。但天文学家们却想出了别的办法，这就好像平常走路，直着走行不通，拐个弯儿却有可能顺利到达。天文学家们想出的拐弯的办法就是月掩。顾名思义，月亮在运动过程中有可能挡住某些射电源，而月亮的位置可以根据天体力学的方法准确地计算出来，这样，只要精确地测出月亮挡住某个射电源辐射的时刻，就能比较准确地定出它的位置，进而较为可靠地寻找射电源的光学对应体。

月掩的方法不久便显示出了它的作用，根据这一思路，天文学家研究了射电源3C48的位置。随后，美国人马修斯和桑德奇用5米望远镜观测发现射电源3C48的光学对应体，这是一个16等的天体，从照片上看很像暗弱的恒星。对它进行分光观测后，他们发现3C48的紫外辐射很强，它的光谱是一些很特殊的发射线。1960年，马修斯和桑德奇在美国天文学会上宣布了他们的发现，不过在当时，他们没能辨认出那些奇特的谱线。两年后的1962年11月，澳大利亚天文学家哈泽德采用月掩射电源的方法准确定出了射电源3C273的位置和形状，他们发现3C273是一个双射电源，其中之一和一颗13等的恒星状天体相对应。1963年，美国帕洛玛山天文台的天文学家马丁·施米特拍摄了3C48的光谱，从中辨认出了这颗奇特星体的谱线。它们是地球上熟知的一些元素(如氢、氧等)产生的，而且谱线都向红端移动，红移量很大，达0.158，根据多普勒效应，可以算出它的退行速度为每秒47400千米。受此启发，马修斯等人重新检查了3C48的光谱，结果令他们大吃一惊，因为3C48的红移比3C273的还要大，达到0.367，根据多普勒效应计算，它的退行速度高达每秒110000千米。在最初的成功之后，天文学家们又相继发现了一批性质与3C48和3C273类似的射电源。从照相底片上看，它们很像恒星，因此被称为类星射电源。光学



观测表明，类星射电源的紫外辐射非常强。后来人们又发现了一些光学性质类似于3C48和3C273的天体，但它们并不发出射电辐射，这种天体称为蓝星体。类星射电源和蓝星体被统称为类星体。

类星体的红移量在所有天体中排行第一，这表明它们正在以极高的速度飞快地退行着。已发现跑得最快的类星体是OQ172，它的红移量达到3.53，按多普勒效应计算，它正在以每秒27万千米的速度离开我们飞奔而去，这个速度已达到了光速的91%。按照哈勃定律，一个天体退行得越快，它一定就越遥远，因此类星体离我们远去的速度比其它任何已知的天体都远。比如跑得最快的OQ172，它离我们远达100亿光年，也就是说，它所发出的光线要走100亿年方能到达地球，因此当我们看到这颗遥远的天体时，我们看到的其实是它100亿年前的模样。很奇妙吧?但更奇妙的还是这些似星非星的天体本身引出的话题。

我们已经知道，类星体离我们都很远，但如此遥远的天体居然能被我们的望远镜看到，而且还不算太暗，那它们一定是异常明亮的。然而即使用最大的望远镜去观察，也看不出它们的内部结构，这表明，类星体的尺度并不大。天文学家们推断，它的跨度不会超过1光年，而我们的银河系跨度达85000光年。那么，这么小的天体却比银河系还亮几百倍，如此巨大的能量是从何而来的呢?有些天文学家因此怀疑：也许类星体并不是十分遥远的天体吧?它们可能就在银河系附近，甚至在银河系之内。因为它们离我们很近，所以看起来很亮。但是，如果真的是这样的话，它们所具有的巨大的红移又作何解释呢?

类星体的红移之谜引起了天文学家们的浓厚兴趣，如何解释也是各有道理。大多数天文学家认为这种红移是宇宙学的，也就是说，并不是因为这些天体在向远离我们的方向运动而产生了红移，



而是由空间膨胀引起的。这些类星体所发出的光向我们运动而来时，它经过的空间膨胀了，从而把光的波长拉长，产生了红移。

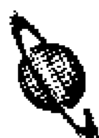
与此同时，天文学家还在另一个方向展开了研究，那就是关于类星体与活动星系关系的研究。在第五章里，我们已经认识了活动星系，这些星系中的活跃分子不循规蹈矩，而是有着鲜明的个性，比如体积小，光谱中有十分特殊的发射线，有大规模爆发现象或异常激烈的光度变化，如此等等。天文学家们的观测表明，在以上这些方面，类星体与活动星系有着太多的相似之处，所不同的就是类星体的活动要比一般活动星系更为强烈。有人于是推测类星体很可能就是某种活动星系，而所观测到的类星体现象正是星系核的活动。从光学性质上来看，类星体与I型塞佛特星系极其相像，所以类星体是离我们十分遥远的塞佛特星系，这一观点目前为更多人所接受。

二、大爆炸理论的有力支持——3K微波背景辐射

1948年，生于俄国的美国天体物理学家伽莫夫提出大爆炸宇宙论，认为宇宙开始于高温、高密度的“原始火球”的一次大爆炸。伽莫夫还预言，大爆炸还有辐射遗留到今天。但此后不久，这样的预言就被人们逐渐淡忘了。13年后一次偶然的机会，彭齐亚斯和威尔逊地发现了3K微波背景辐射。尽管在得知这一发现后有人欢喜有人愁，但发现本身所产生的影响却是有目共睹的：3K微波背景辐射的发现为大爆炸理论提供了有力的支持，而两位发现者则因此共同分享了1978年的诺贝尔物理学奖。

彭齐亚斯1933年4月26日生于德国慕尼黑，父亲是波兰籍

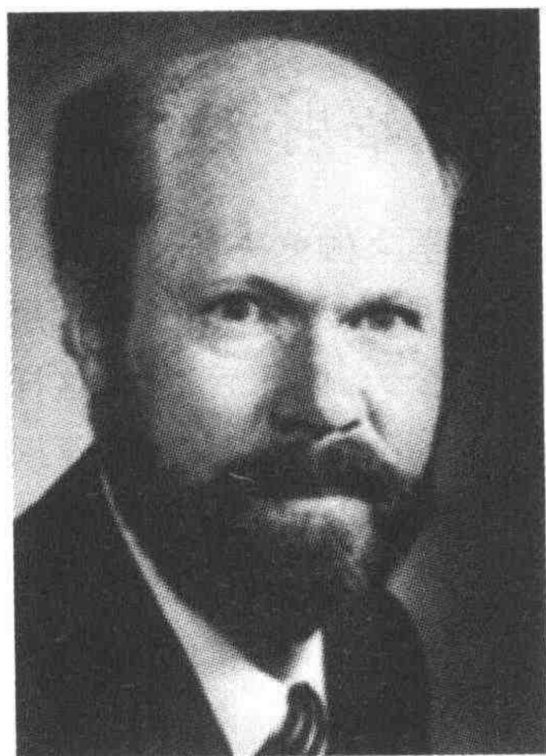




犹太人。同许多犹太人家庭一样，彭齐亚斯一家在第二次世界大战期间也遭遇了不幸：他们先后逃离德国，直到 1939 年秋全家人才在英国重新团聚，同年底，他们又迁往美国，第二年初在纽约定居。此时的彭齐亚斯年仅七岁。颠沛流离的经历带给他的是一个不幸的童年，但同时也磨炼了他的意志，这对他日后的事业极有帮助。1947 年，彭齐亚斯进入布鲁克林技术学校，由于受到父亲的影响，彭齐亚斯对化学产生了兴趣。1951 年 2 月，他升入纽约市立学院，刚开始主修化学，但不久之后他又对物理发生了浓厚的兴趣。有一次，彭齐亚斯问他的物理教师哈迪教授："做物理学家是否也可以谋生？"教授回答说："当然！工程师能做的事，物理学家都能做。"彭齐亚斯从此改学物理，而他日后的发展也证明了他的选择无疑是正确的。1954 年取得物理学学士学位；1958 年从哥伦比亚大学毕业，获物理学硕士学位；1962 年获博士学位。1961 年，他放弃了在哥伦比亚大学的工作，来到美国贝尔电话实验室，从此开始了他的发现之路。



彭齐亚斯



威尔逊

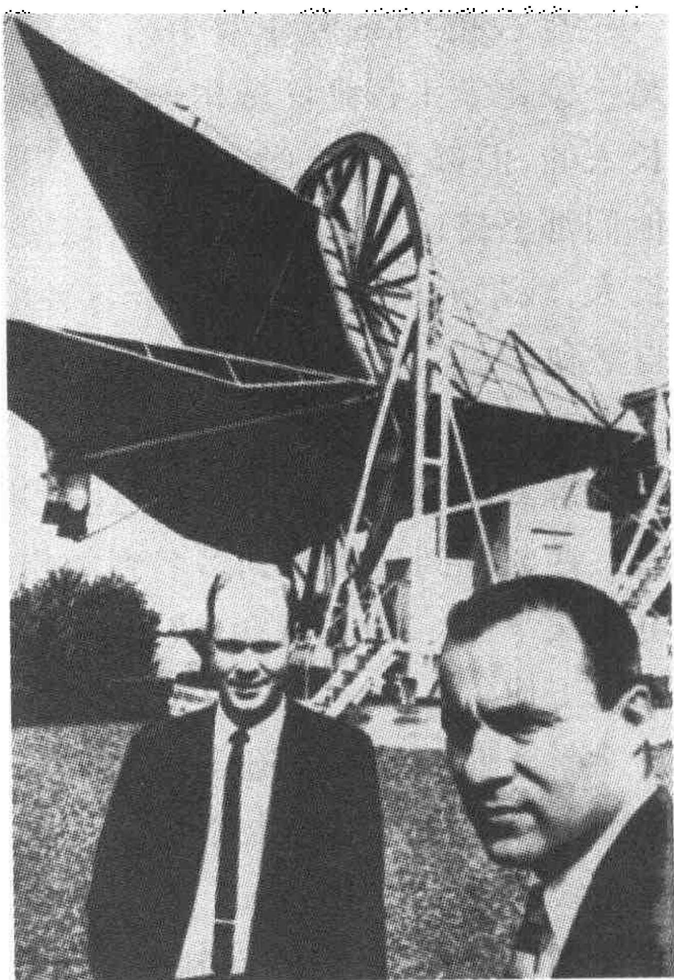


威尔逊1936年1月10日生于美国得克萨斯州休斯敦，父亲是一位化学工程师。威尔逊的父母都是在得克萨斯州的小农场里长大的，但都上了大学。这应当感谢威尔逊的祖父母和外祖父母，他们都坚持认为他们的孩子应该接受教育。在这样的家庭环境中长大，威尔逊从小就喜欢摆弄各种电器。上中学时他很喜欢数学和自然科学，还常常帮别人修理收音机和电视机。1953年，威尔逊进入赖斯大学学习，始修电机工程，后改学物理，1957年以全部自然科学课程均为优秀的成绩毕业后进入加州理工学院研究生院深造。在此期间他接触到多名到加州理工学院造访的世界各地的射电天文学家。1961年春，威尔逊获博士学位。次年，受聘到贝尔实验室工作。

彭齐亚斯和威尔逊于是开始了他们在贝尔实验室的合作。30年前，无线电工程师央斯基正是在这里捕捉到了来自宇宙的第一束无线电波。60年代初，为了实现利用人造卫星进行无线电通讯的计划，贝尔电话实验室制造了仪器噪声很低的接收系统，它配有一架喇叭形天线。这架天线有着很强的方向性和灵敏度，因此不仅可以用来与人造卫星进行无线电通讯，还能用来测量天空中因各种原因造成的噪声。这里所说的噪声与我们在日常生活中深受其害的噪声有所不同，它指的是在通信、广播中影响正常传送的各种无规则的信号。由于噪声的大小与温度有一定的对应关系，所以通常用温度来标志噪声。承担这一任务的就是正在这座实验室工作的彭齐亚斯和威尔逊。这也许会使我们再次联想到30年前的情形，当时央斯基的工作也是从寻找噪声开始的。看来，在日常生活中未必会受到欢迎的某些“客人”，到了科学家们那里可能便是一项崭新发现的开始。

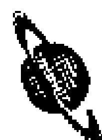
言归正传。接受了任务的彭齐亚斯和威尔逊于是开始了他们

的工作。就在1965年的5月，这架天线收到了一种持续不断的噪声信号。最初的测量表明，当这架天线指向天顶时，测得的有效噪声温度为6.7K，扣除掉仪器本身和来自地面的噪声因素，最后得到3.5K的剩余。为了弄明白这个过剩温度到底从何而来，两位科学家尝试了多种办法。他们检查了天线金属板的接缝，扫清了天线，并且还赶走了一对打算在天线入口处安家落户的鸽子，但是这一信号依然存在；而且令人困惑的是，无论将天线对准哪个方向，信号都基本保持不变，另外也不存在季节变化。很显然，这样的辐射不可能来自任何特定的辐射源。那么，它又会是来自哪里的呢？



彭齐亚斯、威尔逊和他们的喇叭形天线

就在他们百思不得其解之时，事情却出现了转机。那是在1965年初的一天，彭齐亚斯在电话中与麻省理工学院的射电天文学家伯克交谈时提到了此事。伯克告诉彭齐亚斯，他刚收到普林斯顿大学寄来的一篇论文的预印本，论文预言在3厘米波长处应该能够接收到10K的微波噪声。这篇论文出自普林斯顿大学迪克研究小组中的成员皮布尔斯之手。原来，在伽莫夫提出大爆炸宇宙论之初，由于缺乏实验证据，人们仅仅把它看作一种猜测而没有加以



重视。60 年代,随着基本粒子物理学的发展,对宇宙早期高温、高压的研究又开始盛行起来。普林斯顿大学成立了专门研究小组,对这一理论进行研究,迪克教授就是这一小组的负责人。成员之一的皮布尔斯在对宇宙早期核合成过程理论推算后提出了上述预言。为了寻找宇宙中的背景辐射,迪克小组建造了一座喇叭形的小望远镜,做成这种形状是为了减少地面辐射的影响。但是这只小喇叭还没能大显身手,迪克教授案头的电话铃就响了,电话是彭齐亚斯打来的。迪克和皮布尔斯等人随即访问了贝尔实验室,并与彭齐亚斯、威尔逊共同讨论了他们的测量结果。结论是令人兴奋的:彭齐亚斯和威尔逊所发现的这种消除不掉的噪声,正是微波背景辐射;当然它也可能是令人沮丧的:迪克教授很早便对宇宙背景辐射作过理论预言,但在整整 20 年间,他们却一无所获。在贝尔实验室,迪克等人发现彭齐亚斯和威尔逊使用的喇叭形望远镜竟与他们的不谋而合。

为了进一步验证彭齐亚斯和威尔逊的发现,射电天文学家们开始在波长从 0.5 毫米到 70 厘米的各种波段上寻找这种辐射并测量它的强度,结果表明该背景辐射是温度相当于 2.74K 的黑体辐射,一般称为 3K 微波背景辐射。但这种辐射是如何产生的呢?根据大爆炸理论,在宇宙诞生之初,它的温度和密度都很高,迪克教授形象地将这种状态称为"原始火球"。在膨胀过程中,宇宙中的辐射温度和物质密度也随之相应降低,当温度降到大约 100 亿度时,中子就会衰变,从而与质子结合成为氘核和氦核。此后温度进一步降低到几百万度,这时核反应结束,物质是电子、质子以及氘核和氦核构成的等离子体。这些稠密的气体会吸收和发射辐射,因此热辐射尚不能在空间自由穿行。直到距离大爆炸过去了 50 亿年后,此时的宇宙温度和密度都降到了使等离子体凝聚为普通气体





的程度，物质和辐射几乎不再相互作用，热辐射也就因此而获得了自由，可以在空间畅行无阻了。事实上，辐射充满宇宙的各个角落，所以它被称为宇宙背景辐射。这种辐射在开始的时候是可见光和红外线，由于红移，如今已到了微波波段，因此又被称为微波背景辐射。彭齐亚斯和威尔逊的发现在定性与定量上都与大爆炸理论的预言相符，从而有力地支持了大爆炸理论。在1978年诺贝尔物理学奖颁奖典礼上，瑞典皇家科学院评论说："彭齐亚斯和威尔逊的贡献是一项根本性的发现，使人们有可能得到很久以前——在宇宙形成时——所发生的宇宙变化过程的信息。"

有关3K微波背景辐射的故事到此有了一个圆满的结尾，但发现过程本身却是值得玩味的，即使在许多年以后人们依然会为此感慨良多。史蒂文·温伯格是1979年的诺贝尔物理学奖得主，他在其所著的《最初三分钟》一书中谈及此事时曾评论说："在物理学中，事情往往是这样——我们的错误并不在于我们对待理论太认真了，而在于我们没有足够认真地对待理论。我们常常难以认识，我们在桌上玩弄的这些数字和方程竟会同现实世界有某些关系。"

三、两度摘取诺贝尔奖桂冠的"明星"——脉冲星

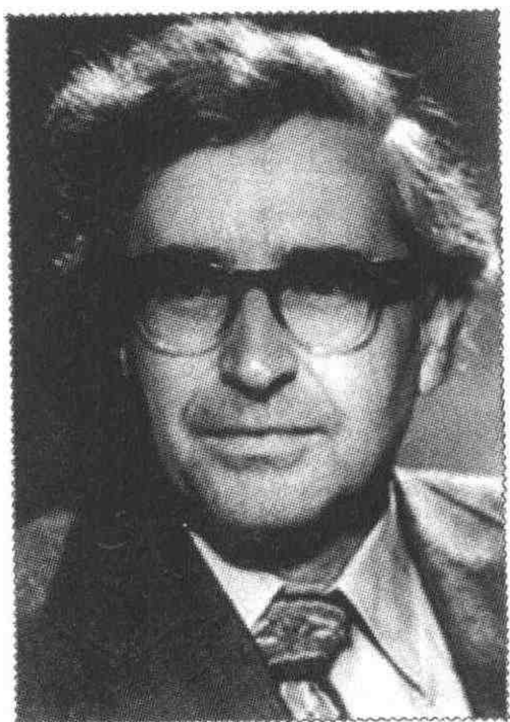
晴朗的夜晚，当我们遥望星空，一闪一闪的小星星总会带给我们无数美好的联想。星星眨眼是地球大气对流层中空气密度的不规则变化和扰动对光波的影响造成的，也就是"闪烁"现象。同样，当太阳风在行星际空间吹动时，也能使天体的射电波产生时强时弱的闪烁，这被称为"行星际闪烁"。这一现象是英国天文学家安



东尼·休伊什于1964年首先发现的，而对它的研究最终导致了60年代射电天文学四大发现之一的脉冲星的发现。

脉冲星是以极其精确的时间间隔发出极为规则而又短促的无线电脉冲信号的星体。第一颗脉冲星发现于1967年。我们已经知道，早在脉冲星被发现前30多年，也就是中子被发现后，科学家们便预言了中子星这类高密度物质的存在，不过在当时这一预言不仅没有引起科学家们的足够重视，相反还受到了嘲笑。因为它的密度太高了，高得令人难以置信。但多年以后的某一天，科学家却收到了脉冲星发来的问候。

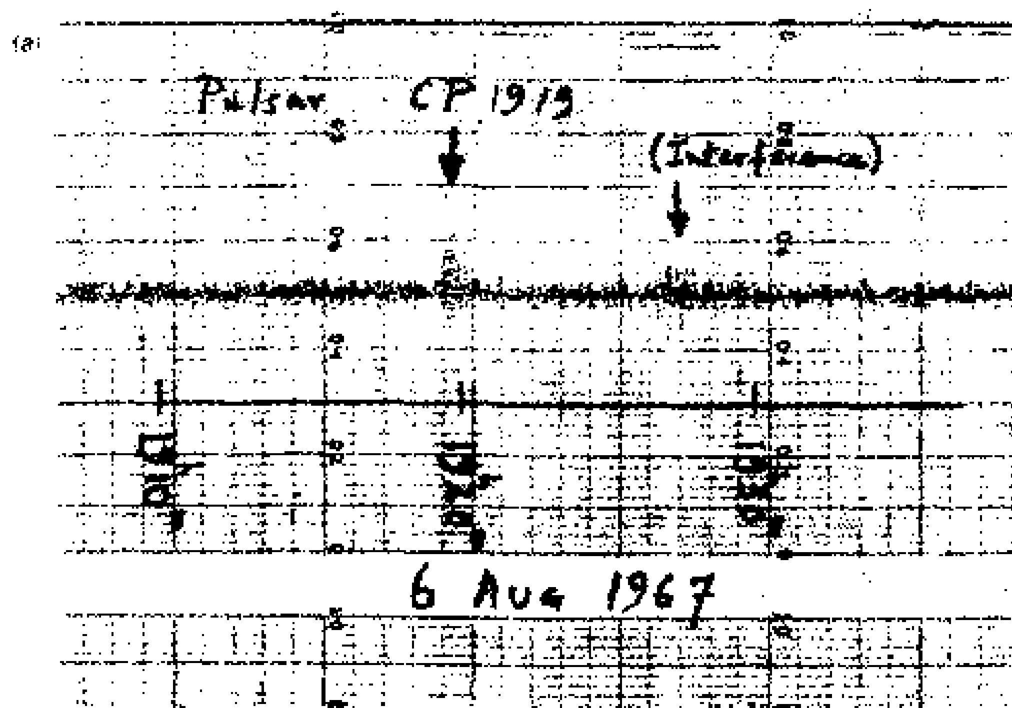
休伊什，1924年5月11日生于英格兰南部康沃尔郡。还在少年时代，休伊什就表现出对科学的浓厚兴趣，那时，他常常喜欢在家中做一些电学和化学试验。中学毕业后，父母让他去剑桥大学冈维尔－凯厄斯学院学习，并要求他修一门电子学课程，因为战时的雷达研究非常需要电子科学家。1948年毕业时，他的成绩十分出色，在教导主任的推荐下，休伊什来到卡文迪什实验室，正巧另一位天文学家、射电天文学的创建人之一的M·赖尔已于1945年来到了卡文迪什，从事射电天文的发展工作。早在1943年，休伊什就曾与他有过接触，这一次的重逢以及他本人在无线电方面的经验促使休伊什走上了射电天文学研究的道路。他加入了赖尔小组，并在1952年获得博士学位后留在了卡文迪什成为赖尔的重要助手，并参与了许多开创性的技术研制和


休伊什



天文研究工作。

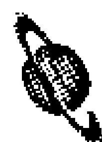
1964 年，休伊什发现了星际间的闪烁现象，这引起了他的兴趣。我们已经知道，地球大气的扰动会使星星看起来好像在眨眼睛，但射电恒星为什么也会发出闪光呢?休伊什决定要弄个明白。



第一颗脉冲星被发现时的脉冲记录

利用英国工业与科学研究所批准的 17000 英镑的资金，休伊什不久便设计并建成了一台高分辨率的射电望远镜。这是一个 81.5 兆赫的大天线阵，它由 2048 个天线组成，接收面积为 18000 平方米。休伊什认为是太阳风在行星际空间吹动引起了射电波的强度起伏，形成了行星际闪烁现象，他希望这架大天线阵能告诉他更多这方面的秘密。在当时，兴建这架望远镜的投资被认为是“科学史上代价最大的一次”，以后的事实则表明，这个代价是值得的。

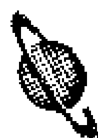
1967 年 7 月，这个大天线阵开始投入巡天工作。休伊什的一名研究生乔斯林·贝尔负责分析每天长达 20 多米的记录纸，并从中找出那些真实的闪烁源，剔除人为的干扰。起初，一切都进行得



有条不紊，但不久之后，奇怪的事情却发生了。那是在8月的一天晚上，贝尔在实验中注意到有一种奇怪的脉冲信号，每过23小时56分就重复出现，这一时间间隔正巧与恒星东升西落的周期一致，因此它必然对应于一个特定的天体。同年11月，他们利用新安装的快速记录装置探明这个射电源在狐狸座方向，脉冲周期为1.33730109秒。休伊什认为，他们正在观测的是一种“脉动的恒星”，又称“脉冲星”。在这以后，休伊什又找到3颗脉冲星。在1968年2月24日出版的《自然》杂志上，休伊什及其同事发表了关于第一颗脉冲射电源的观测和分析结果。

这就是第一颗脉冲星被发现的过程。有趣的是，在刚开始收到这些脉冲信号的时候，科学家们并不清楚它们是什么。由于这种周期信号很像地球上的电报信号，有人于是猜想这可能是地球之外的高等智能动物发来的电报信号。天文学家们因此将最初发现的几个脉冲星取名为“小绿人”1、2、3、4号。后来，随着越来越多的脉冲星被发现，人们注意到这些信号周期虽然不同，但都用一种电报方式，在同一个频率上和人类联系，这是不可能的。直到休伊什的论文发表之后，这种“小绿人”假说才终于被放弃。

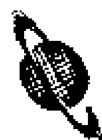
就在脉冲星被发现之后不久，在蟹状星云和船帆座星云中发现了脉冲星。蟹状星云中的脉冲星是美国阿雷西博射电天文台的天文学家D·H·施泰林和E·C·赖芬斯坦于1968年11月18日找到的。围绕着这颗星的发现，美俄两国的科学家还曾打过一个善意的赌：在蟹状星云中发现脉冲星之初，美国的射电天文学家分析脉冲记录后认为，在蟹状星云附近发现的应该是两个脉冲星。此时，苏联天体物理学家什克洛夫斯基（这是一位在蟹状星云的射电和光学辐射的研究中始终处于开拓地位的科学家）赴美国访问，他认为，蟹状星云里面只可能有一个脉冲星，而美国的射电天文学家



则暗自发笑:有脉冲记录为证嘛。双方于是决定以一美元对一卢布的代价来一赌输赢。三周的访问还未结束,这场赌赛的结果就出来了。利用阿雷西博天文台的305米直径射电望远镜,J·M·科梅拉证明确实发现了两个脉冲星,但不久发现其中周期短的那颗脉冲星正好在蟹状星云的中心,而另一颗周期长的则在1.5°以外(蟹状星云直径只有5′)。什克洛夫斯基于是成为获胜者。

早在1934年,巴德和茨威基曾在研究新星与超新星现象时指出,中子星可能产生于超新星爆发,而1968年在超新星遗迹——蟹状星云中找到脉冲星使这一预言得到了证实。

在蟹状星云中找到的这颗脉冲星,它的周期只有0.033089秒,是已知周期最短的脉冲星。那么,是什么东西能够产生出如此稳定而又如此短暂的闪光呢?在脉冲星被发现之初,天文学家们的第一反应便是这种信号可能来自像造父变星那样的脉动,即一刻不停地膨胀与收缩,从而发出有规律的脉冲信号。但在蟹状星云中找到的这颗脉冲星,它的周期太短,任何一种星体都不可能以这么高的频率收缩膨胀,因此这种说法显然是不具有说服力的。奥地利天文学家托马斯·戈尔德很快想到,这可能是中子星,而它发出的射电脉冲可能是由自身的自转所引起的。我们都知道,几乎所有的星体都存在自转,因此这可以说是一个十分普遍的现象。但现在的问题是:如果天体自转的速度太快,比如说每秒自转一周,那么,这个天体所产生的离心力将会大大超过其自身引力,从而使它本身四分五裂。那么,是什么力量使中子星可以抗拒这种巨大的离心力,保持自身的完好无损呢?戈尔德给出的答案是,中子星所具有的巨大的引力使它得以保持完整。他指出,中子星非常小,密度又非常高,不到四秒钟的时间就可以自转一周。它们的磁场比地球上最强的磁场还要强100万倍,这是在星体的坍缩过程中形成的。中



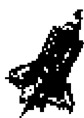
子星的巨大引力将电子牢牢地束缚住，以至于它们只能从磁极逃逸出来，这时就会产生微波。中子星由于发射无线电波而不断失去能量，它的自转速率将会变慢，射电脉冲也会越来越慢。这就意味着，中子星越年轻，它的脉冲周期就越短。天文学家的研究证明了这一点。70 年代，中子星的假说已得到了广泛的承认。

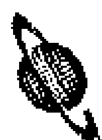
此后，人们又开始致力于寻找光学脉冲星，因为如果脉冲星是自转着的中子星，它就应该能够发出各种各样的电磁波。果然在 1969 年 1 月，在对蟹状星云的研究中，人们发现那里正有一颗昏暗的恒星在闪烁，它的周期与那个微波脉冲周期相等。这是人类发现的第一颗光学脉冲星。

脉冲星的发现和最终被确认为中子星，是天体物理学上一项重大进展。中子星具有和太阳相当的质量，而半径只有 10 千米，因此具有非常高的密度。不仅如此，它还具有超高压、超高温、超强磁场和超强辐射的物理特性，因此成为地球上不可能有的极端物理条件下的空间实验室。由于发现脉冲星，休伊什获得了 1974 年度的诺贝尔物理学奖，但贝尔并未同时获奖。

从第一颗脉冲星被发现起，这种有趣的天体便成为天文学界关注的热点，天文学家们不断从对脉冲星的研究中获得一些意想不到的惊喜和一个又一个待解之谜。

80 年代初，美国加州大学的射电天文学家巴克领导的一个研究小组对狐狸座的一个射电源进行认真观测后认为，这个射电源是一颗脉冲星；此后，卡尔卡尼也对此进行了观测研究，在 1982 年的 10 月底，他宣布了一个惊人的消息：这个射电源的确是一颗脉冲星，但它不是一颗普通的脉冲星，它的脉冲周期仅为 1.56 毫秒，也就是说，它的转速在每秒 642 周，这个速度比蟹状星云中的那颗脉冲星快了 20 倍。这是人类发现的第一颗毫秒脉冲星。





正像我们在前面已经谈到的，正常的脉冲星在形成之初，它的转速要比我们观测到的快得多，在此后的数百万年中，它将随着能量的失去而越转越慢，天文学家们也正是以此为据来推算脉冲星的年龄的：脉冲星越年轻，它的脉冲周期就越短。如此看来，毫秒脉冲星应该有着很轻的年纪。但研究表明，它们的磁场却非常微弱，因此用解释普通脉冲星的理论来解释它们的成因显然是不合适的。目前对此最有说服力的解释是双星系统，即一颗较大质量的恒星和一颗质量较小的恒星组成了双星系统，其中那颗大质量的恒星演化得较快，它迅速走过中年时期而演化成为一颗中子星。此时如果这个双星系统仍是相互依存，那么这个系统就将是由一颗中子星（即脉冲星）围绕一颗正常恒星互为旋转而组成的。以后，中子星旋转速度将逐渐减慢，它们的周期越来越长，而信号强度则越来越弱。那颗小质量的恒星在多年以后也逐渐演化成红巨星。这颗膨胀的星体将物质抛到那颗中子星上，这使中子星的转速重新开始增加，而磁场强度则逐渐减弱。这一过程的最终结果将是毫秒脉冲星的形成：据推算，只需加入太阳质量的十分之一就可以使中子星的自转速度增加到毫秒级。组成这个双星系统的也可能是两颗质量同样巨大的恒星，这个双星系统最终将形成两颗互为旋转着的星体，一颗为正常脉冲星，另一颗则为毫秒脉冲星。

就在休伊什因发现脉冲星而荣获诺贝尔奖的这一年，另一项有关脉冲星的发现再次引起了科学界的关注。这就是第一颗脉冲双星 PSR1913 + 16。它的发现者是美国天体物理学家泰勒和他的研究生赫尔斯。由于发现了脉冲双星，师生二人共同获得了 1993 年度的诺贝尔物理学奖。

泰勒和赫尔斯发现的脉冲双星是一个双中子星系统，它的轨道周期很短，而轨道椭率很大，这使得它的轨道速度很高，可达十



分之一光速，两个中子星很近，其引力效应很强，使之成为检验是否存在引力波的有效实验对象。（有关内容参见本书第六章"引力波探测"一节）

这样的双中子星系统以后的发展方向将是怎样的呢？研究表明，它们将逐渐加速，同时它们失去能量的速率也越来越大，而能量的失去又将进一步促使其运行周期的缩短和运行速度的增加。3亿年后，两颗中子星将合并为一体。澳大利亚天体物理学家大卫·布莱尔曾为此做了一份十分有趣的"时间表"，也许会帮助我们了解双中子星系统的结局："在它们（指双中子星系统）发生合并的前三年，其运行轨道将缩小至每3秒钟转一圈。在此状态下，两颗星的实际距离只有1000公里，……此时，两颗星将以大于每秒1000公里的速度相互运行。

"在合并之前1分钟，两颗星互绕运动的速度已达到每秒15周，但最终的合并发生在最后的几毫秒。此时，两颗星相互运动的速度达到每秒几百周。"这就是双中子星的结局。

四、星际分子

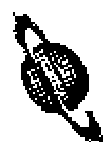
在描绘银河系图景时，我们已经知道，尽管沙普利成功地揭示了太阳不在银河系中心的事实，但在计算银河系尺度时，他的计算结果却远远超出了银河系的范围。造成沙普利计算失误的是散布于星际空间的星际物质吸收和散射星光，结果使遥远的星更加暗弱，从而使它们看起来比实际情形更加遥远。这就是瑞士天文学家特朗普勒于1930年发现的星际消光现象。特朗普勒的发现为银河系的尺度恢复了本来面貌，同时也将一个重要的课题摆在了天文学家的面前，这就是关于星际物质的研究。



在晴朗的夜晚，我们会看到夜空中有各种星星点缀其间，一颗颗美丽的星星为寂寥的夜空平添了不少生气，那么除了这些星星之外呢，星际空间是空空荡荡、一片沉寂吗？当然不是，那里漫布着各种气体和尘埃状物质，它们被统称为星际物质。这些星际物质通常会凝聚成团块，也就是星际云，恒星就是从这些星际云逐渐演化来的。很显然，研究星际物质对于解决像天体演化这样的问题将是至关重要的。

20 世纪初，天文学家开始在星际物质的研究中小试身手，并找到了不少星际物质存在的迹象。比如说在 1904 年，德国天文学家哈德曼就发现在分光双星猎户座 β 的光谱中有一条没有位移的谱线——钙的 K 线，后来在其它分光双星中也找到了这种谱线。在当时，大多数天文学家认为这种谱线来自双星周围固定的钙云，但事实真的是这样的吗？答案是美籍俄国天文学家奥托·斯特鲁维于 1928 年解开的。

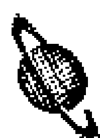
斯特鲁维家族是俄国著名的四代相传的天文学世家，奥托·斯特鲁维是这个家族第四代中的一位。他于 1919 年大学毕业留校任教。俄国革命后，他曾在白俄军队中服役，1920 年，白俄军队溃败后，他流亡到土耳其，在那里从事了大量繁重的体力活，并以此勉强度日。这样的生活大约持续了数月之久。直到有一天，美国叶凯士天文台的台长弗罗斯特得知了斯特鲁维的处境，他立即致信斯特鲁维，邀请他到叶凯士天文台工作。斯特鲁维接受了邀请，于 1921 年 11 月远赴美国。1923 年，他在芝加哥大学取得了博士学位，1927 年加入美国国籍。1932 年，弗罗斯特退休，斯特鲁维接任了他的职务成为叶凯士天文台的台长。初到美国时，根据弗罗斯特的建议，斯特鲁维开始从事恒星光谱的研究。1926 年前后，他利用威尔逊天文台 1.5 米望远镜拍摄到光谱底片，对星际钙线进行深



人的研究。通过对 321 颗恒星 K 线强度的比较，他发现距离为 500～600 秒差距（1 秒差距等于 3.26 光年，即 308570 亿千米）的恒星具有最大强度的 K 线，而在目视双星系统中两颗子星的 K 线强度是完全一样的。在已有的研究基础上，斯特鲁维于 1928 年指出，那些没有位移的谱线，其视强度是随着星的距离而增加的，这表明吸光的原子实际上是分布在星际空间内的。此后，天文学家们在寻找星际分子方面开展了大量的工作，在远星光谱中找到了许多星际吸收谱线。

到 1937 年的时候，这样的寻找工作开始进入了一个新的阶段。这一年，美国天文学家亚当斯和邓哈姆等人利用威尔逊山 250 厘米口径的反射望远镜研究某些恒星光谱时，发现其中有一些很特别的甲川分子 CH 和离子 CH^+ 的吸收线。以后的研究表明，这些分子并不是恒星上的，而是处在恒星与地球之间的星际空间，这样，当星光穿过它们时便会在光谱中形成吸收线。这是人类第一次发现星际空间存在分子，天文学界为之精神一振，人们努力工作渴望找到更多星际分子。然而在此后的 20 多年中，这项研究却几乎没有取得什么进展。原因其实也很简单：分子存在于气体和尘埃构成的云中，当云过于稀薄，分子就无法造成显著的谱线，而如果云过于浓密，星光又将完全无法通过。这样看来，寻找星际分子的工作陷入了两难的处境，但射电天文学的发展让一筹莫展的天文学家们看到了一线生机，自本世纪 60 年代以后，用射电方法寻找星际分子的研究开始了。

在寻找星际分子的过程中，苏联科学家什克洛夫斯基的名字将再一次被提到。他有关脉冲星的研究曾使他在与美国同行的一次打赌中居于获胜者的位置，而在此之前，他在星际分子方面的一项预言也显示了他的聪明才智。1949 年，什克洛夫斯基预言，可以



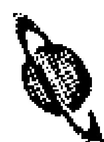
通过射电探测来判断星际空间是否存在着羟基分子（OH）；四年后，他对此发表了更为明确的计算。例如羟分子在波长18厘米处有一双重线，如果考虑到超精细结构则应出现四条谱线，频率分别为1612、1665、1667、1720兆赫。这一计算发表于1953年，10年后，他的美国同行印证了他的预言。1963年，美国天文学家温雷伯等人用射电方法在仙后座A射电源处探测到了波长为18厘米的羟基OH分子的这四条谱线。

运用射电方法系统寻找星际分子的工作开始于1968年。这一年，被誉为美国分子天文学开拓者的汤斯在1.3厘米波长附近找到氨和水分子的谱线。次年，斯奈德在6.2厘米波长上发现星际空间的甲醛分子，这是第一个被发现的星际有机分子。初战告捷令天文学家们兴奋不已，更加深入地探索星际分子的研究在广泛的范围中展开，更多的射电望远镜投入了这项工作，从而在70年代形成了发现星际分子的高峰期。到这个十年结束的时候，被射电望远镜捕获的星际分子已达50多种。

在探索星际分子的过程中，来自美国的两位天文学家彭齐亚斯和威尔逊也做出了重要的贡献。这两个名字我们已经熟悉了。他们的合作似乎注定与成功相连。60年代，美国国家射电天文台建造了一架毫米波射电望远镜。为了开展这方面的研究，彭齐亚斯、威尔逊和杰弗茨共同制作了一台毫米波接收机，并将两架仪器连接起来。1970年，这架望远镜指向猎户座星云，接收机的显示器上出现了一氧化碳的谱线。这次发现进展得如此顺利，以至于它的发现者也感到出乎意料。威尔逊后来回忆说："那是我曾经做出的贡献中，最能令人情不自禁、失声叫喊的一个。"在那以后，他们又发现了多种星际分子，如CS、CN、SiO、OCS等。

星际分子的发现与脉冲星、类星体、微波背景辐射并称60年



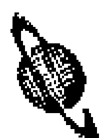


代射电天文学四大发现，获得如此之高的地位，其中自有原因。

在一些科幻小说中，我们常会把地球之外的生物描述成是一群由硅组成的怪家伙。但事实真的如此吗？星际分子的研究也许可以帮助我们了解真相。分析目前已发现的星际分子，我们就会发现，这些星际分子都是地球上的生命不可缺少的，碳是组成这些有机分子的关键。科学家们于是设想，既然这些有机分子在宇宙空间中分布如此广泛，地球上的生命也是在这些有机分子的基础上进化而来的，那么地球之外的星球上情况是否也会同地球上的一样呢？这里特别要提到的是星际甲醛分子的发现。甲醛在适当条件下可以转化为氨基酸，而氨基酸是形成生命的重要物质，所以当 1969 年这项发现一公布立刻便引起了科学界的广泛关注。当然，有关地外生命的构成还是一种设想，要使它被确认为事实，还需要科学家们更加努力的工作。

除了探索生命演化的秘密而外，星际分子的研究对天体演化学、银河系结构、宇宙化学等学科都具有重要意义。



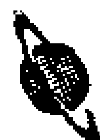


第八章 空间时代的太阳系

2000年2月，美国科学家公布的一项最新研究发现称，从全球气温变化角度来看，20世纪不仅是过去500年来最热的一个世纪，也是近五个世纪中全球气温变化最快的百年。这些科学家在研究中发现，自1500年以来，全球气温总共上升约1℃，而这一增长幅度有一半发生在20世纪。他们的研究还显示，20世纪北半球气温升幅相对更大。在过去500年中，北半球气温上升的1.1℃中，有0.6℃出现于20世纪。

100多年前，一位瑞典科学家便提出人为因素引起气候变化的可能性，而这在20世纪已经成为事实。虽然气温上升并不完全是人类活动造成的，但不可否认的是，人类活动对于地球的影响的确是巨大的，而且这种影响是多方面的。在巨大的自然力和人类的欲望面前，地球其实很脆弱。但是这种影响最终将使我们面临怎样的处境呢？答案就在太阳系中：包裹在厚厚的大气层之下的金星终日饱受温室效应的煎熬，与之相反，曾经一度被认为是生命乐园的火星偏冷，而月球上则没有大气。所有这些信息都是伴随着太空探测手段的发展才获得的，而当人们对太阳系其它行星的了解越来越深入的时候，地球在人类的心目中也益发显得珍贵。

1957年，随着苏联第一颗人造卫星上天，人类进入了太空时代。从那以后，科学家们将越来越多的探测器送入太空。而这首先得益于航天器的诞生。



一、自由飞翔的翅膀

今天我们在谈到火箭的时候，往往会自然而然地想到伫立在发射架上的那些庞然大物。诚然，自从人类进入太空时代以来，看到的最多的便是现代火箭的模样，感受的是现代航天技术的威力，然而事实上，尽管火箭为航天技术插上了有力的翅膀，但它并不是航天技术的产物。回顾它的历史，最早可以追溯到中国的北宋年间。

据史书记载，北宋开宝三年，也就是公元970年，冯继升和岳义方两个人就成功地试验了火箭。当然那时候的火箭还十分原始，就是在普通的箭杆上绑一个火箭筒，当被点燃后，就会有大量高温高压的膨胀气体喷出，从而产生巨大的反冲力，推动火箭向前飞去。在火箭诞生的最初，它更多的是被用于战争，也许正是由于这样的原因，火箭技术在相当长的时间里处于停滞状态：以火药燃烧喷出气体作为反推力推动火箭前行，仅此而已。很显然，火箭飞行的高度和距离都受到了很大的限制。

最早对火箭原理作出科学解释的是俄国的齐奥尔科夫斯基。他少年时代便热衷于凡尔纳的科幻小说，《从地球到月球》、《环绕月球》，这些曾构筑了齐奥尔科夫斯基对于宇宙空间的最初印象。在这之后，他做了一名乡村教师。当时，他不仅家境贫寒，而且两耳失聪。但所有这些不幸并不能阻止他想飞的愿望。他说："地球是人类的摇篮，但人类不会永远躺在摇篮里……"但要冲出摇篮，人类必须要借助一种外来的助推力。深入的研究使齐奥尔科夫斯基不久便意识到炮弹不可能成为航天飞行器，只有用火箭才行。他第一个提出了火箭应用液态燃料，并推导出火箭在发动机工作期间获得速度增量的公式，即著名的齐奥尔科夫斯基公



式。1903年，齐奥尔科夫斯基发表了《宇宙火箭》一书，第一次提出了液态火箭的设想，建立了关于现代火箭的基础理论。不过由于条件的限制，他没有进行实验。

在第二次世界大战期间，火箭得到了迅猛的发展。第一枚实用型液体火箭正是在这个近乎疯狂的时代诞生的，它的研制者是德国著名的火箭专家布劳恩。还在18岁时，布劳恩就参加了德国宇宙旅行协会，开始从事火箭的研究。他的才智很快就得到了陆军兵工厂头目的赏识，并被委以火箭研究所所长要职。在他的带领下，1940年10月3日，纳粹德国试验成功了具有实战价值的V-2火箭。它用液氧和酒精作为推进剂，射程270千米。到二战末期的时候，这种火箭已能升到160千米的高度，飞到320千米之外的地方。1944年，纳粹德国用它袭击了英国伦敦、荷兰安特卫普港等目标，造成了很大的杀伤力。在纳粹德国战败前夕，布劳恩带着大量资料和数百名德国工程师投奔了美国；而苏联红军随即占领了佩内明德火箭站，俘虏了在此工作的其他德国工程师，并缴获了大量V-2火箭的零件。

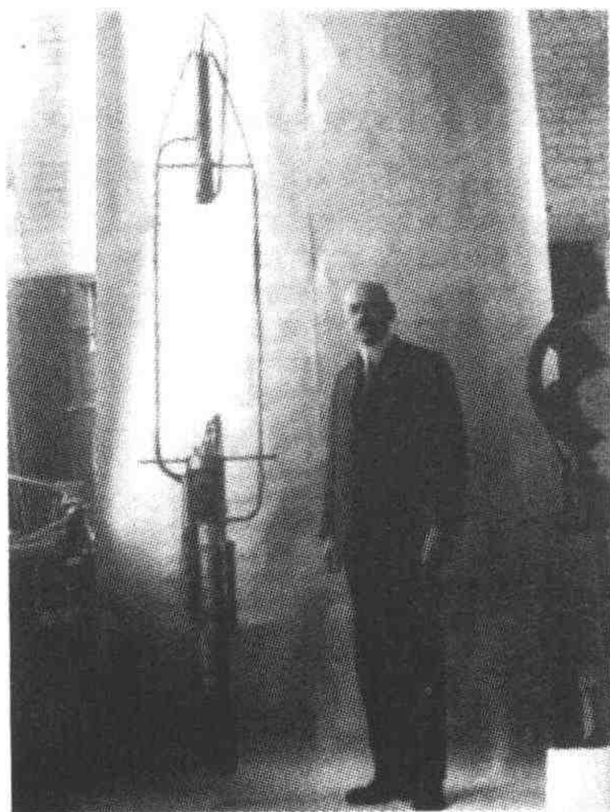

冯·布劳恩

火箭从它诞生的第一天起似乎就同战争结下了不解之缘。今天，我们可以利用它将人类探索的眼睛送上太空，但当它所装备的实验设备一旦被换成了核弹头时，它所毁灭的将是人类自身依赖和眷恋的美好家园。幸运的是，人类最终做出了正确的选择。毕



竟,在和平的环境下探索自然界的奥秘是人类所渴望和珍爱的。当然和平的道路是曲折而漫长的。在二战的硝烟散去之后,冷战使美苏两国在太空领域展开激烈的较量。这也在一定程度上促进了航天技术的发展。

1957年6月,美国研究的"宇宙神"导弹试射失败,而与此同时,苏联的射程6000千米的导弹发射却获得成功,紧随其后的是苏联于1957年10月4日发射了世界第一颗人造卫星——"卫星1号",从此人类进入了太空时代。两星期后,美国发射的"先锋号"卫星因运载火箭爆炸而再告失败。不过此时已投奔了美国陆军的布劳恩却使美国不致输得太惨,他已准备好了"红石"火箭。在艾森豪威尔总统的紧急命令下,布劳恩把这种火箭与加利福尼亚州喷气推进研究所研制的固体火箭组合起来,终于在1958年1月31日成功地发射了美国的第一颗人造卫星"探险者1号"。


戈达德

1961年4月12日,前苏联宇航员加加林乘坐"东方号"载人宇宙飞船升空,从而开创了载人航天的新纪元。1969年7月20日,美国实施的阿波罗计划第一次将人送上了月球。当一个个激动人心的消息传来,许多人在兴奋之余也陷入了深思。美国《纽约时报》为50年前一桩往事而公开谢罪的举动则道出了深思着的人们的心声。这份迟来的歉疚带出了50年前的往事,故事的主人公名叫

戈达德,一位美国物理学家。他从1920年起在马萨诸塞州从事液体火箭的试验工作。1926年3月26日,他发射了世界上第一枚液态燃料火箭,飞行2.5秒,达到12米高、56米远。如同许多事情在最初诞生时的境遇一样,戈达德的工作以及他关于月球旅行的构想不被他所在时代的公众所理解,《纽约时报》更是对他进行了无情的嘲讽;不仅如此,由于试验火箭会发出巨大的轰鸣声——事实上,正是这种美妙的声音在日后揭开了太空时代的序幕,戈达德遭到了周围人的反对,并因此被赶出了州境。但戈达德没有因此而放弃。他说:"每一个远见在第一个人实现它以前,都是一个笑话。一经实现,它就变成理所当然的事了。"1939年,他在新墨西哥州进行的试验获得了成功。这枚火箭以液氧和汽油作为推进剂,同时带有陀螺仪、可动翼等稳定装置。但是,戈达德的工作并没有受到政府的重视,只有一位富翁曾给他的研究工作以资助。几年以后,这位液体火箭的创始人溘然长逝了。50年后当人们终于醒悟到自己当初曾是怎样幼稚的时候,当人们终于意识到戈达德当年的梦想并不仅仅是一个笑话的时候,这位液态燃料火箭的开创者却已不能亲耳聆听太空时代的华美乐章了。

人类进入太空的举动使宇宙飞船从此闯入了人们的视野,不过由于它不能重复使用,而且无法作为运载器把大型卫星、空间站等航天器送上太空,科学家们在思索着如何设计出更加便利的运载工具。其实早在20世纪30年代时,奥地利人森格尔就绘制了用火箭发动机作为动力装置的飞机草图,试图进行高空高速飞行。这就是有关航天飞机的最早的设想。

1981年4月12日,世界第一架航天飞机——美国的"哥伦比亚"号进行了首次飞行,这次飞行历时54.5小时。这一天正值世界第一名宇航员加加林进入太空20周年之际,如同20年前那次划



时代的飞行一样，"哥伦比亚"号的飞行标志着人类航天史上一个新时代的到来。

航天飞机是集现代航空技术、火箭技术和空间技术于一身的综合产物，既能作为运载工具来发射各类航天器，又可以像飞机一样绕地球轨道运行数圈后返回地面，而且可以重复使用。至今，已先后有 6 架航天飞机进入过太空，其中 5 架是美国制造的。它们频繁升空，进行了大量载人航天实验和卫星发射与维修等活动，取得了不少成果。

美国的航天飞机由固体助推器、外贮箱和轨道器组成。其中轨道器的外形类似普通飞机——这也就是通常所说的航天飞机，它是整个系统中惟一可以载人、真正在地球轨道上飞行的部件。它同一架大型喷气式客机的大小差不多，可以重复使用 100 次。与普通飞机相比，航天飞机所经历的飞行过程及其飞行环境要恶劣得多，因此它所采用的均为可耐高温、高压、电磁辐射的复合材料，从这种意义上来说，航天运载工具的发展也从一定程度上推动了材料科学等相关领域的发展，这也可以算是航天技术的另一项收获了。

拥有了一双自由飞翔的翅膀，人类从远古时代便向往着的浩瀚星空似乎已近在咫尺，在那里，人们将会发现什么呢？

二、在火星上寻找生命

人类对于火星的空间探测开始于几次失败的经历：1960 年 10 月 10 日，苏联发射火星探测器，但发射失败；1962 年 11 月 1 日，苏联首次发射火星号探测器，它于 1963 年 6 月 19 日飞近火星，但



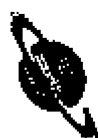
由于电波中途中断，这次行动又失败了；1964年11月5日，美国发射水手3号，没有成功……失败并不能阻止人类探测火星的脚步，火星的诱惑是不可抗拒的，这种诱惑力几乎是从火星被发现那一天就开始了。

从地球上观察火星，它红色的身影使它总会成为人们注目的焦点，它热烈的性格使我们的祖先联想到了古战场的猎猎战火，于是人们用战神马尔斯的名字称呼它，而在中国古代则将它命名为“荧惑”，这个名字十分贴切地反映出火星变幻莫测的特征。

个性鲜明的火星是地球轨道以外的第一颗行星，和地球一样，它当然也是围绕着太阳转的，但它跑得比地球慢，公转一周的时间是687天，这差不多是地球公转两年的时间。由于奔跑速度不同，火星与地球的距离总是在不断变化，有时候是隔日相望，也就是说一个在太阳的这一侧，而另一个在太阳的那一侧，此时两颗星相距最远，约为4亿千米；有时候则是并肩观日出，此时两颗星都运行到太阳的同一侧，在三点一线的格局中，地球处于太阳与火星之间的位置，这种情形被天文学家们叫作“冲”，大约每隔两年49天会发生一次，此时正是在地球上观测火星的最佳时间。如果能赶上“大冲”，就可能将火星看得更清楚。火星“大冲”时，火星与地球的距离仅为5600万千米，这是两颗星靠得最近的时候，但这样的机会较为难得，隔15或17年才会出现一次。

难得的机会当然应该好好把握。1877年适逢火星“大冲”，意大利天文学家斯基帕雷利将他的望远镜对准了这颗红色的星球。透过望远镜，斯基帕雷利看到火星上布满了粗细不一、浓淡相间的线条，他认为这是火星上的河道，并在不久之后宣布了这个消息，“河道”这个词在英文中被译成了“运河”。一位法国人日后对斯基帕雷利说：“你的发现已经使火星成为全宇宙我们最感兴趣的问题





了。”事实也的确如此。因为人们猜想，既然火星上有运河，那就一定是智慧生命——“火星人”开凿的。这一消息通过大众媒介被广泛传播之后，立即引起了一位名叫洛韦尔的美国人的注意。洛韦尔自幼爱好天文学，后来毕业于著名的哈佛大学，早年曾是一名外交官。为了寻找火星人，他于 1894 年出巨资在亚利桑那州弗拉格斯塔夫附近建造了一座私家天文台——洛韦尔天文台，他把那里叫做“火星山”，并在那里开始了他的研究。在那里，洛韦尔度过了生命的最后 22 年，直到 1916 年 11 月 12 日逝世，他被埋在了火星山上。



洛韦尔

寻找工作开始了，洛韦尔不断报告着他的新发现，到 1895 年的时候，他的发现终于汇集成了一本书，书的名字就叫《火星》。洛韦尔称，火星上不仅有运河，而且它们发展得相当成体系。而开凿这样的运河的原因，洛韦尔认为，这是由于火星上缺水现象十分严重，大量的水都聚集在极冠附近，而有了这些运河，火星上的智慧生命就可以将水通过运河运往各地。类似的信息使洛韦尔相信，火星上的智慧生命比地球上的人发展得更聪明也更完善。洛韦尔还考察了火星上的生存环境并认为，那里的温度虽说低了一点儿，大气也稍显稀薄，但对于居住在那里的生命来说，依然是舒适宜人的。

在洛韦尔的眼里，火星算得上是生命的乐园了，但来自英国的

科学家、曾与达尔文共同研究生物进化的华莱士却对此给予了毫不客气的批评。华莱士认为，洛韦尔的计算有误，火星上的温度并不像他所说的那样温暖，大气也要稀薄得多。但华莱士的批评更多地还是集中在对火星运河的见解上。华莱士认为，如果真像洛韦尔所说的那样，大老远地将水从极地运送到赤道，这种作法是不可行的，也是不聪明的，而能作出这等疯狂之举的也不可能是智慧生命。

这就是有关火星上有没有生命的争论的两条主线。在地球上一成不变地生活久了，孤独与焦虑时时困扰着人们，所以，尽管后来的研究表明华莱士的观点与事实靠得更近，但更多人似乎更偏爱洛韦尔的看法。人类需要更多的朋友，不是吗？

争论归争论，火星上到底什么样，这是许多人十分想知道的。20世纪60年代以来，几次失败之后，人们终于开始收获空间探测火星的成功果实。毫无疑问，火星是人类造访最频繁的一颗行星，而探测火星的技术手段也是几年便上一个新台阶：

环绕火星飞行。1964年至1969年，美国先后发射“水手4号”、“水手6号”和“水手7号”，它们从火星身旁飞行，对火星做了电视摄影和大气观测。

探测器登陆火星，实地拍摄。1971年5月28日，苏联发射“火星3号”，它于1971年12月2日首次实现火星软着陆；1975年8月和9月，美国发射“海盗1号”和“海盗2号”，它们先后在火星软着陆，对火星做电视摄影。

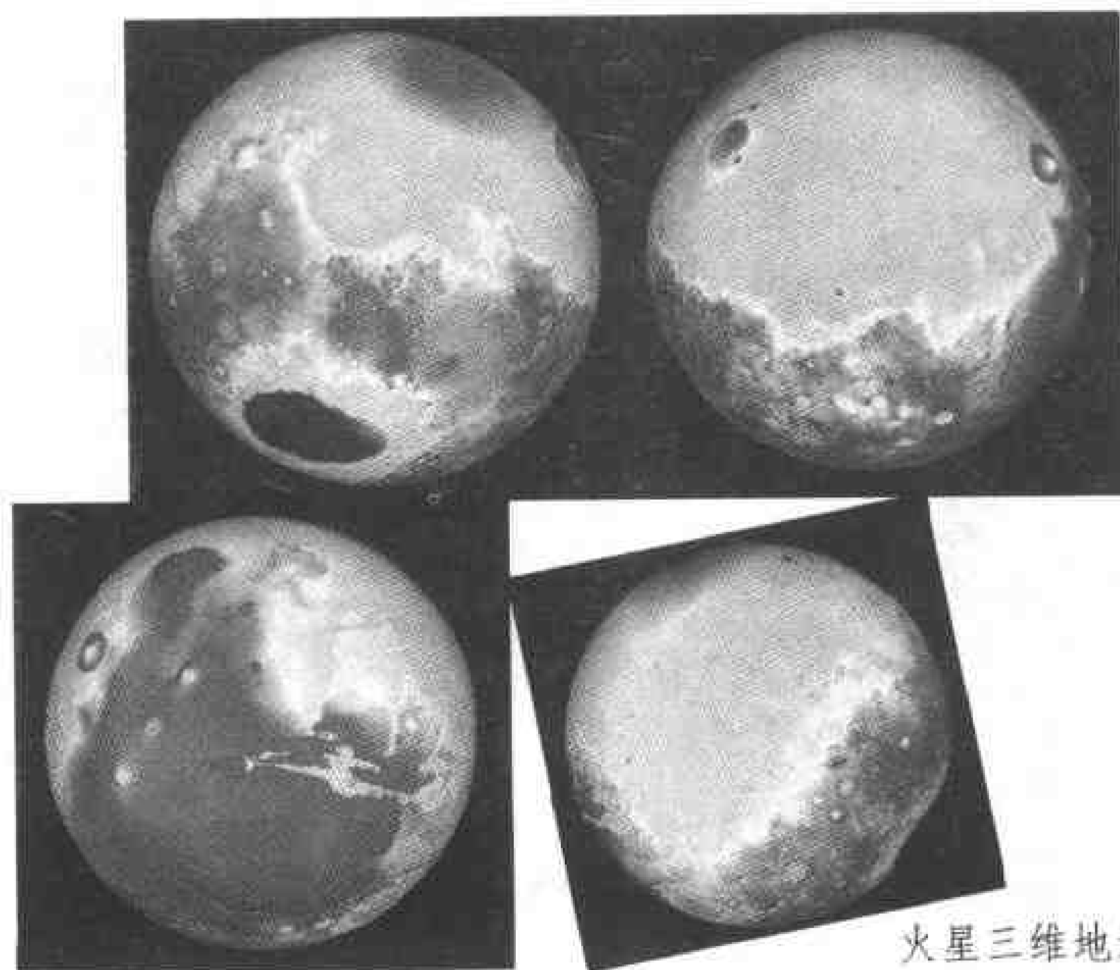
探测器登陆火星，取样分析。1996年12月4日，美国发射“火星探路者”，它于1997年7月4日在火星表面软着陆，着陆器打开电池帆板，名叫“索杰纳”的火星车缓缓开动，开始对火星土壤和岩石展开考察。着陆器和火星车所搭载的高分辨率照相机随时向地



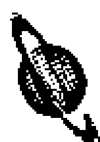
球传送大量火星的图像。

人类通往火星的道路越缩越短，在越来越近的审视中，人类从火星上看到了什么呢？火星上的运河存在吗？火星上有生命吗？火星上的环境适合生物生存吗？一次次的尝试为这些问题找到了答案。

多年以前人们从火星运河开始了对火星人的幻想和寻找，但这些“运河”是什么呢？根据水手和海盗拍到的高分辨率照片，人们可以看到，那些所谓的“运河”其实是一系列的环形山和峡谷而已。火星上的地貌很有意思。根据1997年9月发射的“火星环球勘测者”发回的资料，美国国家宇航局的科学家们于1999年绘出了火星三维地形图。该图的诞生要首先归功于“火星环球勘测者”

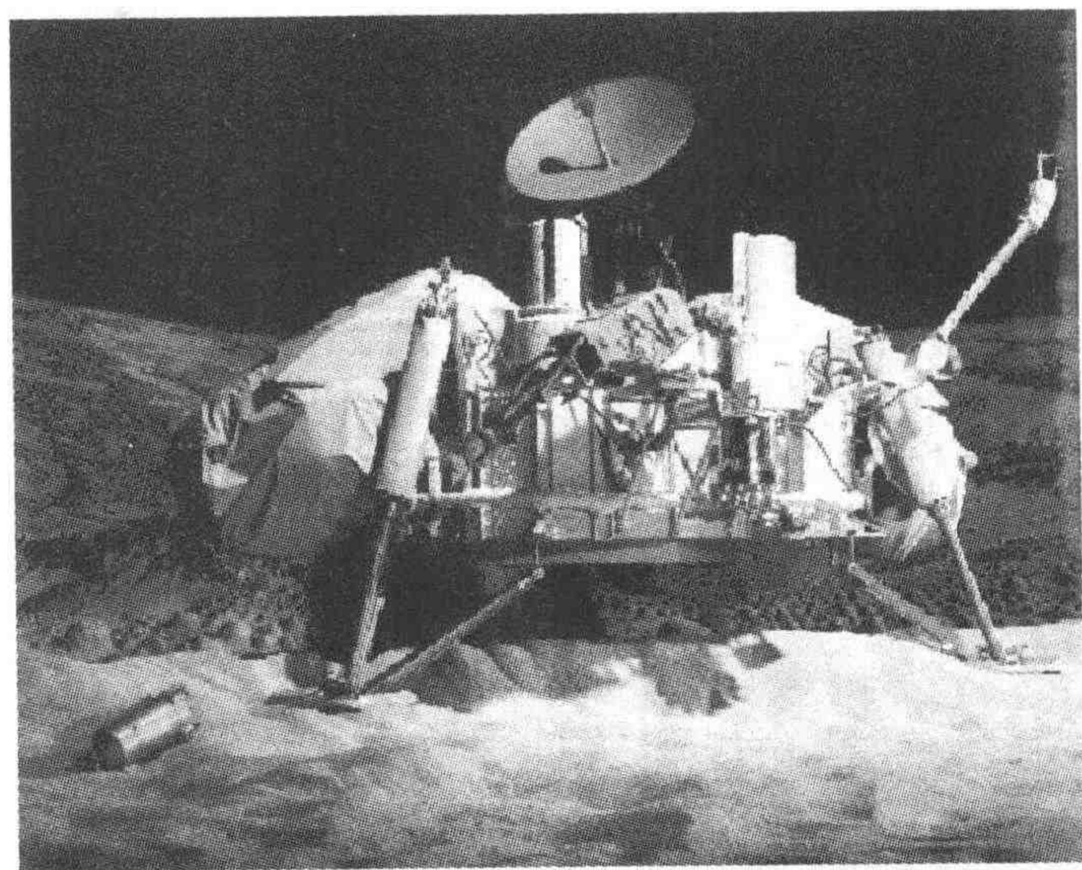


火星三维地形图

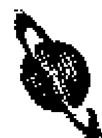


所携带的一种名叫“激光高度计”的仪器，它可以向火星表面发射激光脉冲，然后根据其中的时间差计算火星表面的高度，数据由火星轨道激光探测器自动产生。从1998年到1999年4月，仪器共收集到2700万个探测数据，这些数据经整理后被画在一个球形栅格网面上，从而形成了这些高质量的火星三维地形图。

从这张图上看，火星呈现南高北低的特征，南半球是高耸的火山山脉，而北半球是平坦的盆地。南半球大块的冲击盆地是火星三维地形图上的一个显著特征。它的深度约有9千米，是太阳系各行星拥有的陨石坑中最深的。该盆地被高出其表面约2千米的一种环型物质环绕，这种物质一直伸展到距盆地中心4000千米处。科学家推测，数十亿年前一颗小行星或其他来自太空的陨石撞击了火星，这次撞击所留下的陨石坑就是深度超过珠穆朗玛峰高度的



海盗号在火星表面的模拟图



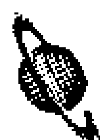
赫拉斯盆地，盆地周围的这些环状物质很可能就是这次小行星撞击过程中被甩出坑外所致。

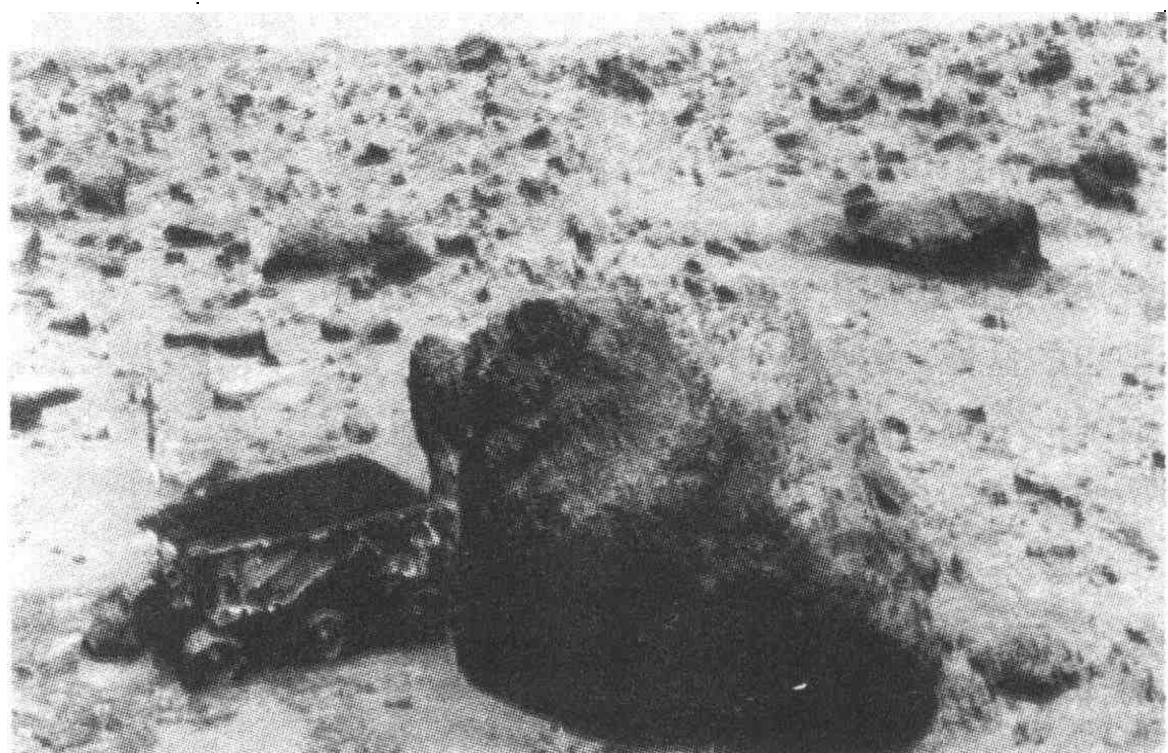
火星上不仅有太阳系中最深的赫拉斯盆地，还有太阳系中最高的山脉和最为平坦的原野。在火星的北半球有一个巨大而平坦的盆地，它的底部比火星的平均高度低大约 10 千米，是太阳系中最平坦的盆地。科学家认为，这个盆地可能是一个海洋，因为从这个盆地的平坦程度来看，它有可能经过水的冲刷。火星上还拥有太阳系中最高的火山，这是一座被称为奥林匹斯的火山，它比火星的平均高度差不多高出 27 千米。

再来看火星上的气候。还记得"火星探路者"和"索杰纳"吗？1997 年的 7 月 4 日，这对好拍档在历经 7 个月的艰苦跋涉之后登上了火星表面的红色大地。索杰纳是第一只在火星表面实现软着陆并且会行走的机器人。它身高 0.3 米，体重 10.4 千克，底部的 6 个轮子使它可以在火星表面行走自如——虽然它的步幅很小，每秒钟仅能移动 1 厘米。

在索杰纳认真研究过的岩石中，一块名叫"约吉"的岩石很有意思。约吉是美国的一个有名的卡通形象——一只可爱的熊，由于这块岩石的形象像熊，所以人们便以"约吉"的名字来称呼它。索杰纳刚遇到它不久便被别住了腿，耽搁了数日，但这却让机器人有更多时间去观察它。索杰纳对这块岩石做了仔细的扫描，经分析发现：它的化学成分与火星车探测的第一块岩石"藤壶·比尔"不一样，这表明火星上的岩石也是各种各样的。从探路者拍回的照片可以看出，约吉的一侧为红色，而另一侧则呈现出蓝色。美国地质学家指出，火星上许多岩石呈三种颜色：迎风的东侧呈淡蓝色，背风的西侧呈土红色，而一些半埋在土中的岩石则为白色。很显然，约吉正是一块受到风化作用的岩石。



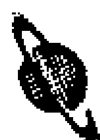




火星车"索纳杰"在调查"约吉"岩石

在此次探测之前人们已经知道，其实火星与地球有着极其相似的环境，比如说，它也有四季和昼夜，它有一层稀薄的大气，有山脉、丘陵，甚至还有陨石坑。对火星岩石的分析使科学家们吃惊地看到，火星上有些岩石的组成成分与地球上的非常相似。从"火星探路者"发回的照片看，阿瑞斯平原几十亿年前曾发生过特大洪水，那里有洪流冲击堆积起来的鹅卵石，岩石上还有清晰的水痕。既然火星上发生过洪水，就说明火星曾经比现在温暖湿润，有着适合生物生存的环境。虽然目前尚未在那儿找到任何生命活动的迹象，但这并不妨碍人类远赴火星安营扎寨。事实上，这已经被列入了人类火星探索的日程表。

尽管火星与我们关系密切，但要登上火星却并非易事，一些国家已经开始为了这个远大目标而搬砖铺路了。除了前面说到的"火星探路者"之外，美国、日本先后于1998年和1999年发射了好几



颗人造卫星，为的是进一步了解火星上的气候、地形，并试图找到必要的水源。在21世纪，新一轮的火星探索热也即将掀开。

2001年的三、四月间，美国将发射"勘测者01着陆器"和"勘测者01环行器"，前者将直接降落到火星表面做近距离考察，后者则用于火星轨道的考察。此间，美国与俄罗斯将实施"火星合作计划"，这是两国在这一领域所进行的深层次合作。有消息说，届时美国的环行器将会携带一个名叫"γ射线分光仪"的设备，利用它可以在火星地面上找到水。

2003年，美国将发射"勘测者2003"，它将在火星上着陆，研究和试验将火星样品运回地球所需要的各项技术措施。此举是为2005年发射的"勘测者2005"打前站，如果一切顺利，"勘测者2005"将会把它收集到的火星样品运回地球。与以往的火星探测相比，"勘测者2005"将把成本降到更能接受的程度。事实上，早在70年代，美国将"海盗号"送上太空后，科学家们已经在考虑这个问题了。数十年努力的成果可望在2005年被应用到实践中。届时，探测器只需携带飞往火星的燃料即可，至于回来的动力可以在探测器到达火星后自动产生，这就是被美国国家航空航天局的科学家们称为"因西塔"能源设备的新技术：夜间，能源设备将吸收二氧化碳，并利用化学反应器将它们转化为液氧，这些氧化剂将以适当的方式与存放在登陆器推进剂燃料箱内的燃料相混合，在离开火星地面前提供上升阶段的动力。携带的东西少了，分量自然也就减轻了，另外由于探测器被制作得十分紧凑，所以可以用价格低廉的火箭来发射。如此大规模地降低成本显然是有利于这项科学探索的可持续发展的作法。

火星探索是一件费时费力又费钱的工作，但人们却乐此不疲，这样看来，在火星上寻找生命并不仅仅是为了满足一下好奇心，而





且也绝不像人们想象的那么简单。那么,我们不妨设想一下,如果在火星上找到了生命,那又将如何呢?这会有两种可能:第一种就是火星上的生命模式与地球上的相同,那么这种结局可能意味着宇宙中生命的存在模式只有一种;另一种可能是火星上的生命模式与地球上的截然不同,这将不仅是天文学家的研究兴趣了,因为这样的结局将极大的丰富我们已有的知识,我们将重新思考生命,而两相对比将有助于我们更好地去理解生命、理解人类自身,从而将我们自己的命运更紧地握在自己的手中,这也许将是每一个人所希望的事。

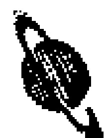
三、重新认识木星和土星

在太阳系九大行星中,木星是个头最大的一颗,它的直径为142800千米,是地球直径的十几倍。有意思的是,古时候的人并不知道这些,却将朱匹特的名字给了它。朱匹特是罗马神话中的众神之父,用这个名字称呼木星真是再合适不过了。

个头大总会显得很惹眼,不过木星最与众不同之处还不在于此,它的大红斑才是天文爱好者们更感兴趣的,早在1664年,法国天文学家卡西尼就曾观测到这个大红斑。但它是如何形成的呢?

与大红斑同样出名的是土星光环。在所有大行星中,土星美丽的光环可谓名声在外,即使是天文学家也会为它惊叹不已。比如法国天文学家弗拉马利翁曾有这样一段话:"土星和围绕着它的光环,是天文爱好者在望远镜中所见到的最美丽的天体。形态稳定、比例恰当,真是一件完美的艺术品。老练的观测家虽然千百次看见土星进入望远镜的视场,却仍会像从前那样发出赞美的声音。"这



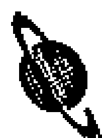


样的溢美之辞当然一点也不过分。而要说到土星光环的发现，其中还有一段曲折的过程。

17世纪初，伽利略发明了天文望远镜后，借助望远镜的力量，他观察了不少天体，土星自然也在他的视野之内。那时他的确看到在土星旁边有些附属物，但他只将那当成是土星的两颗卫星而未更多在意。这不能怪他，当时的望远镜的观测能力实在有限，没能看出什么文章也在情理之中。一转眼40年过去了。1656年，荷兰天文学家惠更斯用他的大天文望远镜更仔细地观察土星，在当时他已有所发现，但为了慎重起见，他没有立即公布，而是打出了一段隐语："Aaaaaaa ccccc d eeeee g h iiiiiii llll mm nnnnnnnnn oooo pp q rr s ttttt uuuuu"。以后的三年中，惠更斯对他的观察结果重新检验核实，然后在1659年时他终于确认无误并公布了他的发现。将三年前公布的那一组字母重新排列，就成了这样一段话："有环围绕，又薄又平，不和土星接触，而与黄道相交。"这指的就是土星光环。1675年，法国天文学家卡西尼发现在土星光环中有一道缝隙，宽度约5000千米，后来它被称为卡西尼环缝。在土星光环被发现之初，人们一直以为土星光环是一个扁平的固体盘，1856年，英国学者麦克斯韦从数学上证明，光环实际上是"由许许多多不相接的物质颗粒组成"的。

既然木星和土星都是这么有趣的天体，也就难怪天文学家和爱好者们总是留给它们太多关注的目光，特别是在人类进入太空时代以来，科学家们已多次将太空探测器送到了木星和土星的身旁：

先驱者10号，1972年3月3日发射，1973年12月4日飞过木星，取得大量数据后，于1983年6月13日飞越海王星轨道，由于海王星和冥王星的轨道是交错在一起的，在当时，海王星比冥王



星离太阳更远，因此这次飞行使先驱者 10 号成为第一个飞出太阳系的人造天体（在 1997 年 3 月 31 日的上午 11 点 45 分，先驱者 10 号已经同我们彻底地失去了联系。此时的它远在 100 亿千米之外，由于路途实在太遥远了，飞船上的信号到达地球后已经变得十分微弱，美国宇航局最终决定与它断绝了联系）；

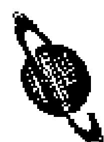
先驱者 11 号，于 1973 年 4 月 6 日发射，在拜访了木星之后又调了个头，于 1979 年 9 月从距土星 21400 千米处飞过，拍摄了土星及土星光环、卫星的照片；

旅行者 1 号，1977 年 9 月 5 日发射，首先探访了木星，之后于 1980 年 11 月 13 日从距土星 124370 千米处飞过土星，传回大量数据和图片；

旅行者 2 号，1977 年 8 月 20 日发射，首先拜访了木卫四，1981 年 8 月 27 日飞过土星，拍摄了大量彩色照片后于 1986 年 1 月拜访了天王星。

从 20 世纪 50 年代人类进入太空时代，到 70 年代时星际飞行已发展得日益完善，但对先驱者 10 号来说，此番行程并不轻松。飞出大气层后，它要经受的第一次考验便是穿越小行星带。这是浩瀚星空送给 19 世纪人类的第一份新年礼物。那是在 1801 年的元旦之夜，意大利西西里岛天文台台长皮亚齐在对金牛座进行巡天观测时发现了一颗他从没见过的星，通过连续几天的观察，他发现这颗星总是在不断地发生位移，他认为这可能是一颗彗星。但真相不久就大白了，这颗星就是天文学家发现的第一颗小行星，它被命名为色列斯，也就是谷神星，这个名字来自罗马收获女神的名字，她正好是西西里的守护神。1802 年、1804 年和 1807 年，天文学家们又先后发现了三颗小行星——智神星、婚神星和灶神星。1845 年，当天文爱好者亨克发现了第五颗小行星——义神星时，天文学家



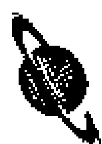


们终于意识到，小行星并不只有一两颗，而是有许多颗公布在火星与木星轨道之间，形成了小行星带。到 1991 年，正式编号的小行星已经有 5000 多颗。多数小行星直径只有 1 千米左右，有的甚至只有几百米。这些小家伙的运行使它们如同星海中的暗礁，给太空探测器的飞行带来了潜在的危险。但幸运的是，先驱者 10 号成功地穿越了这片危险地带。

钻出小行星带之后，探测器还没有到可以松一口气的时候，因为"先驱者"和"旅行者"要拜访的第一站是木星，在那里，它们将遇到另一次大的考验：穿越木星辐射带。50 年代一次偶然的机会，人们发现木星有强烈的射电辐射。当时，两位美国科学家伯纳德·伯克和肯尼·富兰克林在探测太阳系外射电源时，他们的射电望远镜收到了一种来历不明而且一直在移动着的射电信号。他们没能立刻找到这个射电源的来历，但在此后的某一天，当他们走出实验室的时候，他们在发现射电源的地方看到了行星中的大个子——木星。在这次偶然的发现之后，有人猜测木星可能和地球一样有磁场。这一猜测进一步得到证实还有赖于"先驱者"和"旅行者"的出色工作。以先驱者 11 号为例，它在飞行时携带了磁力计，据它测出的数据表明，木星磁场强度为 3～14 高斯，其范围在距木星 1400 至 700 万千米之间。这表明，木星不但有磁场，而且从规模和强度上来看都比地球磁场大得多。穿过木星强辐射带可能要费点事，但不用担心，耐辐射材料的采用使"先驱者"和"旅行者"们又安全地闯过了一关。

顺利抵达目的地的探测器不久就开始向地球发回各种数据资料和图片，它们的作为无疑是显著的，因为通过它们传回的信息，人们重新认识了木星和土星。

说到行星，人们往往会立刻想到它应该是一个固态的球体，可



是“先驱者”传回的观测资料显示，木星与这种传统观念截然不同。这颗巨大的行星没有固体外壳，覆盖在这颗星球外面的是一片液态氢的海洋，在这片海洋的下面，有一个主要由铁和硅构成的固体核，那里的温度高达30000K。固体核的外面是主要由氢组成的厚层，称木星幔。

生活在地球高纬度地区的人们常常会看到绚丽壮观的极光，小行星的发现是来自太阳活动区的带电高能粒子流闯入地球高层大气时，与地球大气中的分子或原子碰撞而产生的放电过程。这些带电粒子因地球磁场作用的影响，在到达地球附近时，就会向地球磁极靠近，因此这种现象通常发生在高纬度地区。令人惊叹的是，木星上也有极光现象，而且远比地球上的壮美得多。旅行者2号就拍到了木星上一条长达30000千米的极光图片，这是人们第一次在其它星球上看到极光，也是人们所见到的最大的极光。

在木星这个液态氢的海洋之外，浓密的大气层将它包裹得严严实实，大气中有一系列与赤道平行的云带，其中最引人注目的就是前面提到过的大红斑，它位于赤道南侧，形状像个鸡蛋，长度为2万多千米，宽1.1万千米。在它被发现后的300多年间，天文学家们一直试图解开大红斑的成因之谜。据“先驱者”和“旅行者”传回的消息说，大红斑是沿逆时针方向转动的大气旋，它的中心部分有小颗粒存在。根据这些发现，目前天文学家普遍接受的一种观点是：大红斑可能是木星云层中的一股强大的旋风，沿逆时针方向转动。红斑中含有红磷化合物，所以呈现红色。

木星光环是“旅行者”发现的。1979年3月，旅行者1号在穿越木星的赤道面时，探测到一个暗淡的物质盘，它距木星表面的距离相当于1.81个木星半径（木星半径约为7.14万千米）；这一年的7月，旅行者2号又对光环做了更细致的观察，辨别出木星光环



主要由三大部分组成，即主环带，它从距木星表面 1.81 个木星半径处开始，向木星本体延伸约 6000 千米，在距木星本体 1.72 个木星半径处结束；从主环带往里是粒子更为稀少的一个次环，一直延伸到木星的高层大气；另外，在距离木星 3.5～5 个木星半径处还有一个稀薄的次环。组成光环的是大量的碎石块，它们也像卫星一样绕着木星转动，转一圈的时间大约是 7 小时。

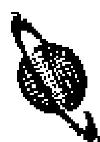
在对木星做近距离观察的同时，旅行者还给我们传回了不少木星卫星上的精彩故事，以下就是其中最精彩的一段。

很多人可能都知道这样一段史实：公元前 7 世纪前后，一个名叫庞贝的小城在意大利那不勒斯附近开始兴建，据说它曾经一度繁荣辉煌。然而有一天，一场意想不到的灾难发生了。那是在公元 79 年 8 月，距离小城仅 10 公里的维苏威火山剧烈爆发，炽热的岩浆和浓密的火山灰不久便将整个小城吞没了。如今的人们只能从发掘出土的各种建筑物、工艺品等遗迹中去寻找那个古罗马小城的影子。在巨大的自然力面前，人类总是显得那样渺小，那样无助。就在庞贝古城被火山吞没 1900 年后，“旅行者”号拍到了另一次更加剧烈的火山喷发，不过这一次，灾难发生在木卫一上。从这些照片上我们看到，在木卫一表面有 9 座正在爆发的活火山，它们以每秒 1000 米以上的速度喷出气体和碎石，最高处达到了 500 千米。

结束了对木星的访问，先驱者 11 号和旅行者 1 号、2 号先后飞过土星，并向地球传回了大量数据和土星的彩色照片。以旅行者 1 号为例，它在 1980 年 8 月 23 日至 12 月 19 日的三个月的时间里，共传回土星照片 1.8 万多幅，科学数据达 10 亿单位。

土星光环自然是不能被忽略的观测对象，更近距离的审视使人们能把这个美丽的光环看得更清楚。空间探测之前，人们已知的





土星光环是5层，先驱者11号发现了第六层和第七层。1980年11月，旅行者1号飞越土星，拍到了清晰的土星光环照片。通过这些照片，人们发现以往所认为的七层光环实际上是由成千上万的细环组成的，而在原来以为空空的环缝中也含有许多小环，例如仅在卡西尼环缝中也许就有上百个环。不计其数的细环使土星光环看起来很像一张巨大的密纹唱片。

土星也有磁场和辐射带，这是由"先驱者"证实和发现的。先驱者11号在距离土星128万千米的地方发现了磁场并绘制了磁场图，土星磁场的大小是地球磁场的1000倍，但仅为木星磁场的20分之一。土星辐射带也比木星的弱得多。

每当夜幕降临，生活在地球上的人们便会看到一轮明月如约而至(如果天空晴朗的话)。作为地球的卫星，月亮千百年来一直恪尽职守。现在让我们来想象自己生活在土星上，如果真能那样的话，我们会在苍茫天穹看到什么呢？我们依然会看到"月亮"，不过这一次看到的将不会是一个月亮那么单调，而是23个，当然它们不会同时出现，而是依次登台亮相。23个月亮此起彼伏，这可是地球上不可能见到的奇观。土星是卫星最多的行星。以往的地面观测，人们找到的土星卫星不超过10个，但空间探测使人们眼界大开，到1982年3月为止，已确认的卫星达到23颗。

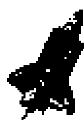
在23颗"月亮"中，最有趣的一颗要算是土卫六(它的名字叫"泰坦")了。这是太阳系中惟一一颗有浓密大气的卫星。根据旅行者1号的观测，土卫六表面的大气压力为1.6个大气压。由于被浓云笼罩，从旅行者拍到的照片上无法看清土卫六表面的真实情况。但这更引起天文学家对它的浓厚兴趣。研究发现，泰坦表面大气中99%是氮气，其余1%是甲烷、乙烷和丙烷等碳氢化合物。高层大气的温度大约为-100℃，低层大气的温度大约在-180℃左

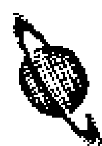


右。科学家们认为泰坦表面的条件与45亿年之前的原始地球极其相似。泰坦表面浓密的大气层，在高能粒子和紫外线的作用下，会发生一系列化学反应而生成其它复杂的有机分子。大气中的这些有机分子聚集多了以后会逐渐落到泰坦表面。这一过程与早期地球生命形成的情况非常相似。因此，科学家们希望泰坦上有生物存在，甚至有智能生物，这就是"泰坦人"。

土卫六上到底有没有生命，这个问题并非20世纪才出现的。早在1655年，荷兰天文学家惠更斯发现土卫六时已对此有所猜测。美国天文学家、科普作家卡尔·萨根在时隔300多年后讲述了这段往事：当时，惠更斯发现土卫六后认为："现在，不管是什么人，只要他观察一下这两个（土星和木星）行星系，并把他们同我们这个小得可怜的地球进行一下比较，那他一定会为这两个行星的广阔疆域和众多高尚的随从（即卫星）而大吃一惊。难道他们现在还会强迫自己认为，睿智的造物主把他所有的动物和植物都安置在地球上，造物主也仅仅刻意装饰和打扮地球这个地方，而让其他的星球（尽管他们也会崇奉祭祀造物主）成为荒无人烟的不毛之地吗？难道他们还会认为，所有这些巨大的星体存在的目的仅为了在空中闪烁星光，仅为了让我们少数几个可怜虫观察研究的吗？"关于土卫六上的生命的生存状态，惠更斯推测道："土星卫星的冬季如此漫长，他们的生活方式绝对不可能和我们的十分相同。"

土卫六上是否有生命，要解开这道300年的谜题，深入细致地探测是解决之道，当然如果能到那上面去走走看看会更加直观。于是，在1997年10月15日，又一艘地球的使者"卡西尼"宇宙飞船在卡那维拉尔角的肯尼迪航天中心由"大力神"火箭送入太空，开始了它奔向土星的漫长旅行。"卡西尼"号土星探测计划，是





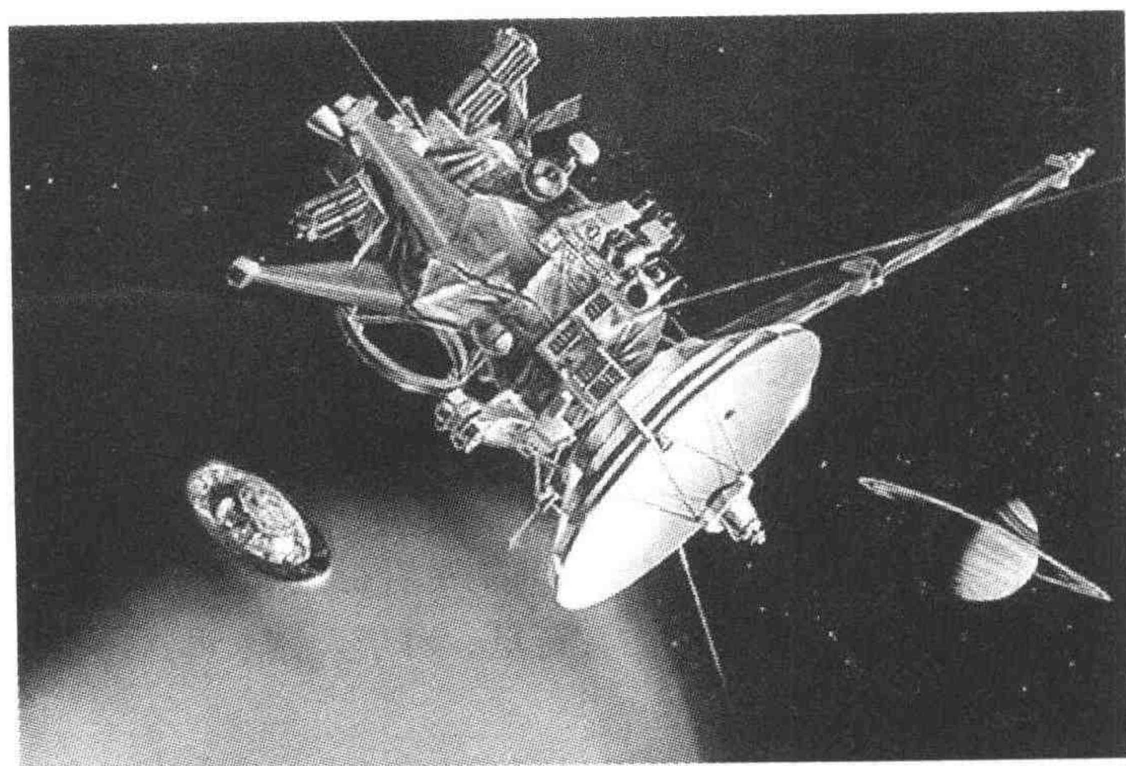
一项以美国航空航天局和欧洲空间局为主的大型国际合作项目。"卡西尼"号直径3米，高7米，重6.4吨，携带有各种功能科学仪器共27种。

星际飞行的一个难题是飞行器的辎重，特别是如果有一天人类真的大规模地开发外星球的话，给养、燃料、实验仪器等都是必带的，这样算起来，真要把人送上离我们较远的星球住上一年半载，那飞船要携带的东西将比飞船本身还重。但"卡西尼"号在这方面作出了与以往不同的尝试，它不仅采用了放射性元素钚作为飞船的核动力，而且设计了"借力入轨"技术，也就是说，利用金星、地球和木星对它的巨大引力作用，当它从这些行星附近经过时，每一次都能获得一次加速，从而实现其进入土星轨道的最终目的。这样做当然会节省不少开支，但最重要的还是这种做法将有利于星际飞行的可持续发展。

"卡西尼"号升空后先朝金星飞去，两次飞经金星后，已于1999年8月从地球近旁掠过。它将于2001年1月到达木星附近，从那儿获得最后一次加速后即朝土星飞奔而去。经过7年的长途跋涉，将于2004年7月飞临土星，进入预定的环绕土星运转轨道后，将对土星及其卫星进行为期4年的探测研究。

为了了解土卫六上有没有生命或生命存在的证据或条件，"卡西尼"携带了一个准备降落到泰坦表面的着陆器"惠更斯"号。"惠更斯"号由欧洲空间局制造，直径2.7米，重约350公斤，携带了6种科学仪器。"卡西尼"号2004年7月飞临土星后，先随泰坦绕土星飞行74圈，再于2004年11月6日释放出"惠更斯"号。为了有效地采集大气样品，"惠更斯"号将在泰坦的大气层中飘泊22天，通过"卡西尼"号向地球送回一大批图片和数据资料后，再降落到泰坦的表面进行探测活动。预计它总共能向地球发



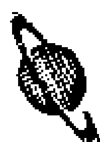


"卡西尼"号将于2004年11月向土卫六释放出"惠更斯"号探测器

回图片50万张。

"卡西尼"号此次拜访土星的另一项重要任务是探测研究它的美丽光环。已有的研究表明，土星光环的主要成分是石块、冰块和气体。但是科学家们尚不清楚组成光环的这些物质来自何方，它们是土星诞生时的遗留物？还是土星卫星与彗星或流星体相撞后的碎片？如此美丽的光环是怎样形成的？这些都是"卡西尼"此番的目的。

许多年以前，惠更斯和卡西尼因对土星和木星方面的造诣而在世界天文学界并驾驰名，如今，"惠更斯"和"卡西尼"又联手飞往太空，继续他们对这些星球的探索，这一次他们将告诉我们一些什么样的故事呢？相信答案不久将会揭示，让我们静候佳音。

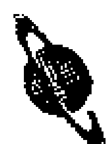


四、不知疲倦的“旅行者”

1989 年 8 月 25 日，“旅行者”2 号经过 12 年的漫长旅途终于飞临海王星，在距离海王星赤道约 10.7 万千米处飞行了 6 个多小时，并将信号以每秒 30 万千米的速度传回了地球。这一天全美有 270 万人通过电视屏幕目睹了海王星的面目：它有八颗卫星在距离海王星不同的地点围绕海王星转动，5 条光环装扮在海王星周围。由于距离太远，人们不可能将海王星看得更清楚，但在这样的距离细细打量一颗如此遥远的大行星，对于人类来讲这还是第一次。

从 1977 年开始美国相继发射了“旅行者”1 号和 2 号宇宙探测器。在 12 年中，它们历尽艰苦，先后探测到了木星、土星、天王星和海王星，向地球发回了 10 万多张照片和大量的科学数据，这个数目相当于 6000 套《不列颠百科全书》的信息容量，它所获得的行星知识比过去人类所有的天文知识多得多。两艘“旅行者”飞船外型完全一样，其主舱为环状十棱柱体，携带了三类 12 种科学仪器，包括摄像设备（电视摄像机、红外线干涉频谱仪、紫外线分光计等）、探测设备（用于探测宇宙射线、宇宙粒子、磁场等的仪器设备）以及用于探测大气层和电离层特性等的射电天文接收机等。飞船有着极强的自适应性能，可以耐高温、高压及其它恶劣环境的影响，设计寿命为 10 亿年。飞船以核燃料为能源。

我们已经知道，“旅行者”在木星、土星和天王星、海王星的探测中都展露了不凡的身手，而“旅行者”1 号所记录下的最有趣的一幕发生在 1990 年，这一年太阳系发生了罕见的“六星联视”活动，这可是 179 年一遇的景象。2 月 14 日，旅行者 1 号飞临距太阳



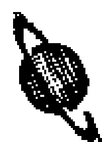
约59千米处，成功地拍摄了海王星、天王星、土星、金星、地球、木星的64张照片，这些照片由科学家们拼成了一幅十分壮观的“六星联视”的图像。对于现代人来说，目睹这般壮观的场面这还是惟一的一次。

在飞临海王星之后，“旅行者”并没有停住探索的步伐，它飞出太阳系，驶向更加广阔的银河系。除了探索大行星的奥秘之外，“旅行者”还肩负着在天外觅知音的任务（见第十章）。目前，地面上的科学家们仍在紧紧跟踪着这些不知疲倦的地球特使，随时接收它们传回的信号。预计到2015年，旅行者2号将可能从人们的视野范围内消失，从此，它将在银河系中“浪迹天涯”。

五、初揭“维纳斯”面纱

近几十年来，伴随着人类对地球资源的大规模过度开发以及大量森林资源被破坏，科学家们一再发出警告：警惕温室效应对地球的影响。的确，许多人都感到如今的气温正变得越来越热，形成这种状况的原因在很大程度上来自人为原因造成的温室效应的加剧。污染、人口激增、森林资源减少，这都会令大气中的二氧化碳急剧增加，从而在地球表面形成一层厚厚的“保温膜”，当地球表面和大气层不断吸收太阳光并转化成热量，但却无法正常散热的时候，地球上的气温就会越来越高；这时，溶解在海洋中或“隐藏”在石灰岩中的二氧化碳就会有一部分散入大气，从而使温室效应加重，地球将变得更热，而这又会使更多二氧化碳从海洋和岩石中散逸出来。这样形成的恶性循环的后果是地球越来越热，人类的生存环境越来越恶劣。这种情形与金星十分相似——已有的研究表

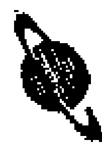




明，只要地球吸收的阳光再增加十分之一二，那么几百年后，地球将变成另一个金星，因此研究金星将会让我们把自己的生存环境看得更清楚。

清晨深蓝色的天际，人们常常会看到一颗格外明亮的星在太阳升起之前最后一个隐去，似乎在预示黎明即将到来，于是人们将这颗等待日出的星称为“启明星”；而有的时候，人们又会在黄昏前后看到同一颗星出现在西方，此时，夜幕即将降临，于是人们又称它为“长庚星”。无论是启明星还是长庚星，指的都是金星，在西方，它被视为美好爱情的象征，于是以爱神的名字称呼它为“维纳斯”。金星的确是美丽的，柔和而晶莹的星光总在每一个宁静的夜晚诉说着夜之温情。但是美丽常常与残酷并行，金星也不例外。从60年代开始的有关金星的空间探测已一再向人们揭示了这一事实。

在太阳系九大行星中，金星是距离地球最近的一颗，但由于它的表面笼罩着一层厚厚的大气，地球上的人即使用性能最好的望远镜也无法看清它的真面目。要想真正了解金星，最有效的办法便是空间探测。从1961年开始，前苏联先后发射了16艘“金星”号探测器，美国则实施了名为“水手”和“先驱者－金星”以及“麦哲伦”号等金星探测计划。在众多探测器中，有几艘尤其值得一提：前苏联的“金星”3号穿越了金星大气层，首次实现在金星表面硬着陆，不幸的是，着陆后的金星3号由于无线电波中断，所以没能送回任何消息；金星4号于1967年10月18日到达金星，首次直接测定了金星大气的温度、压力和化学组成并向地球传回了它的探测结果；1975年6月发射的金星9号和10号于同年10月到达金星，并实现了软着陆，获得了第一批金星全景照片；金星13号和14号分别于1982年三四月间在金星表面实现软着陆，首次



发回金星表面的彩色全景照片，并对金星的岩石土壤样品首次做了化学分析；美国的“先驱者－金星”1号于1978年12月进入环绕金星轨道，对金星高层大气做了243天的观测，并用雷达观测了金星表面；“先驱者－金星”2号携带了4个微型实验室于1978年12月在金星表面软着陆，对金星进行了综合考察。

一系列的探测活动初步揭开了金星神秘的面纱，展现在人们面前的金星是什么样子的呢？

金星表面的温度高达450℃，这样的温度即使铅也会被熔化掉。这样的高温是怎样形成的呢？还记得我们前面讨论过的温室效应吗？金星上的高温就是温室效应的作用。在金星表面包裹着一层浓密的大气，大气层约有70千米厚，密度为地球大气的90倍，其中97%以上为二氧化碳。阳光可以从这层大气透过，照射到金星表面，使金星表面变得很热，但这层大气却阻挡了热量的散出，从而使金星吸收的热量大于其失去的热量，其结果便是金星表面的高温，且没有明显的季节、昼夜变化。在距离金星表面30～40千米处，是一层厚达25千米的浓云，它可以反射掉约75%的太阳光，浓云由浓硫酸雾组成。金星表面的大气压约为地球的90倍，而且放电现象频繁，金星12号就曾探测到一次长达15分钟的闪电。

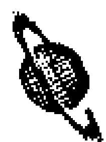
由于被厚厚的大气所覆盖，所以用普通摄影方法根本无法了解金星表面的真实情况，但“先驱者－金星”2号用雷达对金星表面93%的地形进行了考察，美国科学家据此绘出了金星表面图。金星的地形与地球大体相近，也有高山、峡谷、丘陵和平原。它表面的三分之二地区是丘陵，有大量火山群和小规模的火山，其中一座被命名为马克斯韦尔·曼蒂斯的火山是太阳系九大行星的最高峰。





金星上没有水，也没有发现任何生物。

人类对于金星的探索仍在继续，而伴随着这项研究的一步步深入展开，人类将会看到自己的未来，现在让我们重新回到本节开始时的话题。正如科学家们所警告的，只要地球吸收的阳光再增加十分之一二，那么几百年后，地球将变成另一个金星。这样的结局将是可怕的：如果我们对地球的破坏行为不加以控制的话，等待我们的将是地狱般的生活。当然，我们可以移居到其它的星球，但如果肆意妄为的举动没有一点点收敛，又有哪颗星球能承受得住人类的折腾呢？不过出路是有的，而这条出路其实是我们早已耳熟能详的：珍爱地球，珍爱我们的家园。



第九章　飞向太空

“我们是第一代进入太空的人类，对此我们早已忘记了。我们忘记了在航空事业最初的三年中，世界上仅有的1000名宇航员当中，发生了33起致命的坠毁事件。‘我的记忆中是一长串的讣告，’伟大的荷兰飞行员、工程师安东尼·福克说。

“在连续56次成功的载人太空飞行之后，这一点很容易被人们忘却。但在挑战者号悲剧发生后，人们又会记起这些事——至少是一小会儿。下一次点燃引擎将人送入太空时，人们会暗暗发抖。

“对于挑战者号和她勇敢的机组成员遇难的第一个反应……是勇气。……第二个反应很快随之而来——怀疑。花这么多钱冒这么大的险把人送进太空值不值得？

“物理学家詹姆斯·范·艾伦在最近一期的《科学美国人》杂志上撰文……认为，我们在以错误的方式探索太空。在太空中的不应该是我们的身体，而应是我们的头脑——配备着火箭的腿和机器人的眼睛。而笨重的人体需要氧气，需要安全，缺乏效率。对科学也很有影响，它挪用了过去和将来本可用于旅行者号的资金。

“……”

1987年，美国人查尔斯·克劳萨默因这篇题为《载人太空飞行的浪漫梦想永远结束了》的文章而获得当年的美国新闻界最高奖——普利策新闻奖。文章发表于1986年1月31日的《华盛顿邮报》，就在三天前，载人太空飞行史上发生了最惨烈的一幕：“挑战

者”号航天飞机升空后不久失事，七名宇航员全部丧生，其中包括女教师麦考利夫。

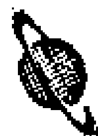
借助各种飞行器的力量，人们不仅将探索的眼睛送入太空，而且人类自己也冲出大气层进入了浩瀚太空，甚至到达了另一片“新大陆”。太空飞行有着太多的神秘色彩，也造就了一批太空时代的英雄，但是千万别因此就以为星空之旅即是浪漫之旅的代名词，现实要远比我们所能想象的残酷得多。当征服的欲望向外无尽蔓延，辽阔太空仅仅是人们千方百计争夺的又一块新的“殖民地”，从这种意义上来说，褪去光环的太空英雄更多的是一幕悲剧的主角。而当人们意识到开发太空的真正意义之时，载人太空飞行才获得了它真正的生命。

一、首次进入太空

随着空间探测手段的发展，人们已不只满足于用望远镜搜索天上的星星，渴望飞翔的人们开始梦想有朝一日冲出地球大气层，进入外层空间，去亲身感受“异域”风情。将人送入太空此时已是呼之欲出，当一切的硬件已然齐备，需要讨论的只是一个时间问题：在苏联第一颗人造卫星上天，为人类开启了太空时代的大门之后，谁将首先将人送上太空呢？这个问题一旦有了答案，美苏两国在太空领域的竞争也就决出了第一轮的胜负。

尤里·加加林，一位来自苏联的空军少校。尽管他的上天是太空竞争的结果，但能够成为进入太空第一人，他依然是幸运的。

加加林 1934 年 3 月 9 日出生在距莫斯科约 100 英里的克卢希诺村。第二次世界大战的炮火带给他的是一个沉重的读书年



代。由于房屋被纳粹士兵所占据，加加林一家只得住进山洞里。直到战争结束，加加林才得以重返校园，学习他所喜爱的数学和科学课。在结束了初级教育之后，1950年起他开始学习铸造技术，其间他还参加了一个飞行员俱乐部，因此当1955年毕业时，加加林不仅成为一名铸造技师，而且获得了飞行资格。不久之后，他又参加了一个航空夏令营，在那里，他学会了驾驶雅克－18式飞机。“人一旦有了想飞的冲动，就不会再甘心趴在地上”，加加林正是这样。学会了飞翔的加加林后来又在奥伦堡飞行员训练学校学习了两年。1959年当他申请参加宇航员培训组织的时候，他早已是一名很棒的空军飞行员了。米格战斗机曾是他飞行生涯中最早实现的梦想。



加加林

几经挑选，加加林终于成为一名宇航员。1961年，当他作为人类的代表第一个飞进外层空间的时候，这位空军少校才刚刚过完他的27岁生日没几天。无论对加加林还是对于整个人类来说，那都是一个值得记住的日子。

没有人了解在去往发射场的途中加加林是怎样的心情，但他轻松的谈吐、镇定自若的神态却使人不得不相信：面对即将开始的这次未知的旅行，他并不感到惧怕。不仅如此，他还努力调节气氛以使他的同伴们越跳越快的脉搏能慢慢恢复到正常的水平。在将要到达发射场的时候，他甚至邀请所有的同伴来与他同唱一首歌，



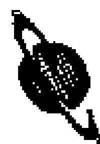
当然，他们婉拒了这个邀请。

多年以后，当人们回忆起1961年4月12日的那个早晨，也许依然会为那时的情景所感动：灿烂的朝阳、充满活力的年轻人、既兴奋又紧张的心情，这样一个奇妙的组合似乎预示着什么，也正是这一切谱成了载人太空飞行华美的第一乐章。

抵达发射场后，身着太空服的加加林走下旅行车，在"东方"1号飞船——它将把他送入那个陌生的世界——旁边，加加林向关心着他的人们发表了讲话。他说："此时此刻，我觉得我的全部生活都化成了一个美丽的时刻。从前我所经历的、我所做过的全是为了这个时刻。你们可以理解，在这个重要的、我们充满热情地为之进行了长期准备的时刻即将来临之际，我很难理清我的思绪。我在想，是不是应该告诉你们，在这次飞行机会落在我头上时我的心情是怎样的呢？我当时感到无比的幸福。面对大自然，向前所未有的困难挑战，然后成为外层空间第一人，还有比这更伟大的梦想吗？不过，我又立刻意识到了我肩负的重大责任，率先去实现多少代人的梦想，担当为人类进入太空铺路的第一人。请告诉我，还有没有比我肩上的责任更艰巨的使命呢？这个责任并不为某个人所专有，也不为几个人所专有，更不为某个群体所专有，它是为整个人类——它的现在和未来——所拥有。"

在这篇荡气回肠的演讲结束之后，加加林搭乘升降机登上了发射架的顶部。90分钟后，他将被一团炽热的火焰送进一个未知的世界，形单影只地坐在飞船中的加加林此刻是否也感到有些孤独呢？等待的时间无疑是漫长的。这有点像第一次参加考试的小学生在等待试卷发下来时的心情，所不同的仅仅在于，人类能否顺利通过这第一次考试，这是一个连被考者在事先也几乎无法了解的问题。



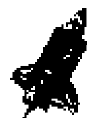


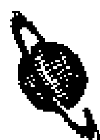
升空前的检查终于结束了。当加加林开玩笑地向医生询问自己的心脏是否还在跳动时，他得到的回答是："你的脉搏是每分钟64次，呼吸每分钟24次。"

上午9点07分，随着一声令下，"东方"1号点火升空。度过了漫长等待的加加林重又兴奋起来："我们升空了！"人类第一次空间飞行开始了，也就是在此时，谁先飞进太空已变得不再重要了。

升空300秒后，第二级火箭点火；发射14分钟后，第二级火箭与飞船飞离。借助它的强大推力，"东方"1号进入了椭圆形的环地球轨道。摆脱了强大的地心引力，加加林不久就变得轻飘飘的、没有了重量感，失重使他不得不依靠系在身上的带子才不致漂浮在空中。在人类首次进入太空的那个时代，科学家们对失重状态对人的影响并没有足够的认识，有人担心失重会使宇航员丧失行动能力，而无法控制飞船，因此"东方"1号飞行时，人工控制设备全部被拆除，整个飞船完全由自动控制，这意味着加加林只是一名乘客，这也许是令这位曾驾驶过米格战斗机的空军少校最感到遗憾的一件事。不过这倒使他有更多的时间去俯视地球的壮美，感受宇宙空间的神奇力量。由于没有大气层的保护，太阳光毫无遮拦地照射过来，令人眼花缭乱，但舷窗外的奇妙景色还是让加加林惊叹不已。

10点15分，在飞船的自动导航设备指令下，用以帮助飞船摆脱轨道引力的制动火箭被点燃：短暂的太空飞行已近尾声，宇航员将重返大气层。与在此之前五次失败的经历相比，此番重返大气层的程序进行得十分顺利。不过，这个过程对于宇航员来说却是比较痛苦的。在地心引力的作用下，太空舱此时正以每小时1.7万多英里的速度飞快地落向地球，在抵达大气层之后还产生了短暂的振动。此时的加加林感到的压力最大时达到地心引力的10倍，这使





他觉得自己像是"1500 磅重的砖头"从高空落下。

当舷窗外黑色的太空变成蓝色天空时，加加林也做好了跳伞的准备。不久，太空舱的降落伞打开了，下降速度降低到每小时 450 英里。在距地面 2.6 万英尺的高度，太空舱的舱盖打开，两枚火箭将宇航员加加林连同座椅一起弹射出去。几秒钟后，加加林的降落伞也打开了，它带着他缓缓飘向地面，降落在萨拉托夫附近的一块农田里。太空舱也在不远的地方着陆。

对加加林来说，萨拉托夫是一个有着特殊意义的城市，加加林自己后来对此评论说："发生的这一切就像是一本小说。我从太空中回来，所到之处正是我首次驾驶飞机的地方。"

二、太空行走

漂泊在太空中的科学仪器一旦出现故障，如果不能得到及时修复的话，它很可能将最终成为太空垃圾，这是大多数人不愿看到的结局。为了挽救这些尚能发挥作用的仪器，可以将它们抓回到太空舱或带回地面进行修复或者更换零件，当然如果不是太麻烦的话也可以在舱外直接修理。无论是采用哪种方法，都要求宇航员能够在太空比较自由地行动。如今太空行走早已是一件寻常的事情，比如我们常常听说宇航员在太空中回收卫星或是为著名的哈勃太空望远镜更换部件，其中不少工作就是宇航员在太空中完成的。和许多事情一样，今天看来不算太困难的太空行走在它发展的早期曾遇到了不少在地面上根本想不到的困难，特别是人类的第一次太空行走更是一段一波三折的经历。

1965 年 3 月 18 日，前苏联宇航员阿历克谢·列昂诺夫从"上



升"2号宇宙飞船迈出了自由行走于太空的第一步。当时，乘这艘飞船进入太空的有两位宇航员，指令长帕维尔·别利亚耶夫曾是一名苏联海军战斗机驾驶员，而列昂诺夫原为苏联空军的跳伞教练。根据安排，在列昂诺夫进行首次太空行走的时候，别利亚耶夫留在了舱内。

飘出太空舱的列昂诺夫跟随太空舱一起在轨道中运行，他通过一条脐带式管缆与母舱相连，厚重的宇航服为他提供了必需的氧气。大约过了十分钟，留在舱内的别利亚耶夫令列昂诺夫爬回太空舱，但就在此时却出了意外。由于宇航服在太空真空中膨胀起来，列昂诺夫怎么也钻不进舱盖了，而他赖以维持生命的宇航服太厚重使他根本不能自如地行动。如果无法返回太空舱，他将只能留在太空之间。列昂诺夫当然不希望这样，所以他想尽了办法两次将自己的宇航服减压才终于挤进了狭小的舱口。这番经历对于列昂诺夫无疑是惊险而难忘的，也给人类的第一次太空行走增添了不少值得回味的插曲，但尽管如此，作为第一次，列昂诺夫迈出这一步依然可以说是成功的。

当虚惊一场后的两名宇航员在太空舱中团聚时，两个人可能谁也没想到，另一场事故已等在他们返回地球的那一刻。由于自动装置出了故障，他们在重返大气层时改为手动操作，但角度没能把握好，结果造成飞船温度过高以至于飞船上的无线电天线被熔化掉了；不仅如此，由于重返大气层的时间被推迟，他们没有能按预定地点降落，而是在千里之外的乌拉尔山脉的森林地带着陆了。没有天线，他们无法向指挥中心报告他们的方位，要在这样一个寒冷且荒凉的地方活下去，必须得靠自己。他们爬出宇宙飞船，设法用无线电发出呼救信号，然后便点燃了一堆篝火用来取暖。但没过多久，狼群的嗥叫和它们晃动的身影便迫使他们不得不钻回冰冷的



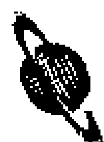
飞船。漫长的寒夜是难熬的，但他们终于挺过了这一关。黎明时分，回收小组来到了他们身旁，用飞机将他们重新带回到温暖的地方。

早期的太空行走，特别是1984年之前的60余次太空行走中，宇航员都必须身穿宇航服，并用安全带与他们的飞行器相连，以防飘走再也回不了地球。这当然是出于安全的考虑，但同时也限制了宇航员的活动只能在较小的范围内展开。直到1984年，这种情形终于发生了变化。这一年的2月3日，美国“挑战者”号升空，宇航员麦坎德利斯和斯图尔特要在此番行程中尝试不系安全带的太空行走，同时他们还要对新研制的“喷气背包”进行实用性测试。“喷气背包”也叫“太空机动艇”，包里装有两个充满压缩氮气的贮气箱，宇航员背上它以后可以自主控制24个喷嘴喷出气体的大小和方向，正是这些喷气的反作用力为宇航员在太空中的移动提供了动力。

2月8日是“挑战者”号在轨道上飞行的第五天，也是两位宇航员走进太空的日子。麦坎德利斯首先穿好宇航服，背上喷气背包，然后开动了控制开关。背包喷射出的强大气流将他推出了舱外。此时的他在离地280千米的高度，以每小时2.8万里的速度绕地球飞行，从而成为世界上第一个“人体卫星”。在喷气背包的动力下，他渐渐远离了航天飞机。在太空自由遨游的旅程是如此有趣，以至于当他在90分钟后重回航天飞机时甚至感到有些恋恋不舍。斯图尔特随后也进行了相同的太空行走。

三、登月——人类的一大步

1609年末的一天晚上，一位意大利人曾将世界第一架天文望

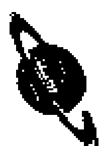


远镜指向了月亮。他惊喜地发现，一直以来人们认为的皎洁的月亮竟是被山脉、平原和环形山所占据。他于是绘制了第一张月面图，并将其中两条最显著的山脉命名为阿尔卑斯山脉和亚平宁山脉——这两个名字来自意境内两条主要山脉。这位发明了天文望远镜并第一个用它来观察月球的意大利人就是伽利略。他的另一项著名的举动是在意大利比萨斜塔上所做的落体实验。

300多年后，美国宇航员戴维·R·斯科特作为“阿波罗”15号的指令长来到了伽利略曾经遥望过的那个世界，并在那里重做了伽利略曾在比萨斜塔上做过的实验，不过这一次他使用的不是两个铁球，而是一个锤子和一根羽毛。在没有大气层的月球上，锤子和羽毛以同样的速度下落并同时掉在了月面上。在斯科特之前还有一位指令长在月球上尝试了另一项地球上的活动，不过它带有更多轻松色彩。艾伦·谢波德是第一位进入太空的美国人，但1961年首次进入太空后不久，他却因内耳疾病离开航天事业将近10年。直到1971年，他才作为“阿波罗14号”的飞行指令长踏上月球，虽然不是登月第一人，但这次飞行却使他成为迄今为止惟一一位在月球上打高尔夫球的人。当他在稀薄的月球大气中挥动球杆将球击出，小球飞行的速度要比在地球上快得多。

前站

1961年5月25日，美国总统在国会发表重要讲话，宣布阿波罗计划的开始。作为这一庞大计划的准备，美国在60年代时首先实施了“徘徊者”、“月球勘测者”和“月球轨道飞行器”等三项辅助计划。1961年8月至1965年3月实施的“徘徊者”计划是美国第一个探测月球的计划，其目的是在月球硬着陆，并在着陆前拍摄月面的特写镜头。在前后9次飞行中，只有后三次较为成功，但取得



的成果已足以使人类对月球有了新的认识。该计划拍摄照片一万七千余张，从这些照片中，人类首次看到了月球表面小到直径一米左右的坑穴和直径只有几十厘米的岩石。这些照片还表明，月球上许多地区较为平坦，可以用来降落飞船，但月球表面的坚实程度如何、能否承受登月舱的巨大压力却还不得而知，这是紧随其后的“月球勘测者”计划的任务。

1966 年 5 月至 1968 年 1 月 7 日实施的“月球勘测者”计划是美国第一个月面软着陆计划，该计划获得的结果表明，月球表面完全适于阿波罗飞船的降落。

“月球轨道飞行器”计划是美国的一个环绕月球飞行的计划，前后共飞行 5 次，均获得成功，共拍摄月球的照片千余张，拍摄的范围达到月球面积的 99% 以上，从而为阿波罗登月舱着陆地点的选择提供了依据。

1966 年，在一系列紧张周密的准备之后，美国正式开始实施阿波罗登月计划，到 1972 年为止，前后共飞行 17 次，将 12 名宇航员送上了月球。

1930 年出生的幸运者

在耗资巨大的“阿波罗”登月计划中，尼尔·阿姆斯特朗无疑是众多宇航员中最幸运的一位。1969 年 7 月 20 日，“阿波罗 11 号”宇宙飞船降落在月球表面之后，他率先走下飞船，迈出了人类踏上地球之外星球的“一大步”。

阿姆斯特朗，1930 年生于美国俄亥俄州，父亲是一位州税务审计员。与那个时代的许多年轻人一样，阿姆斯特朗自幼便对天空十分向往。两岁那年，父亲带他去观看了一场飞行比赛，这一次的经历唤起他对飞机的好奇心。六岁的时候，他第一次坐上了一架由





三个发动机发动的飞机。从那时起，阿姆斯特朗与航空航天结下了不解之缘。

与阿姆斯特朗相比，此番旅程的另两位同行者似乎远没有如此高的知名度，但事实上，他们在这次行动中同样发挥了重要的作用。

埃德温·尤金·奥尔德林，1930年生于美国新泽西州。他的父亲是一位空军上校，而母亲娘家的姓是Moon（月球），这些似乎都预示着奥尔德林是注定要与航空航天结下不解之缘。这位美国西点军校的高材生是国家宇航局主要的轨道交会专家之一，别名“交会博士”。参加1966年“双子座”12号的经历是奥尔德林的首次太空飞行，其间，他进行了长达5个半小时的太空行走。

麦克尔·科林斯，1930年生于意大利罗马。从西点军校毕业后他成了一名空军战斗机飞行员，1963年被美国国家航空航天局选为宇航员。登月前曾参加“双子座”10号的飞行。

1969年1月6日，美国国家航空航天局飞行人员指挥中心主任斯莱顿找到这三名宇航员，平静地对他们说：“你们被选中了。”不必多问，三个人已经明白了这句话背后的含义，也正是这句话使三位同龄人走到了一起。这一年，他们都是39岁。

升空

1969年6月16日清晨4点，阿姆斯特朗、奥尔德林和科林斯三人早早地起床、体检、吃早饭，然后他们穿上了航天服——这使他们处于一个百分之百的氧气环境中。准备就绪之后，一辆汽车将他们送到了发射场。

美国国家航天局肯尼迪航天中心地处佛罗里达州卡纳维拉尔角的一片辽阔海滩上。在阿波罗11号之前和之后，这里曾一次又一次地将宇航员送入太空，然而却没有哪次发射能像今天这样引

人注目。在发射中心周围的沙滩和公路两旁，这时已有百余万人守候在此。一座庞然大物耸立在发射场中心，这就是将要把三位宇航员送上太空的"土星"运载火箭。它由三级"土星"V型助推器组成，在第三级最上层的一个特殊接合器内装有命名为"鹰"的登月舱。"鹰"的上面连接着指挥服务舱（也就是母舱）"哥伦比亚"，它的顶部是发射逃逸系统——一枚小型火箭，如果发生严重发射事故，它可以使指令舱和宇航员与发射设施的其余部分分离。

在"哥伦比亚"指令舱狭窄的座舱里，三名宇航员已各就各位。不久，无线联络系统开通，这样，他们可以通过无线对讲机同地面控制人员联系或者在三个人之间相互交流。此时，指令舱舱盖被紧紧密封起来。两小时后，三名宇航员完成了对系统的最后检查。一切顺利。

美国东部时间9点32分，随着冲天的火光和震耳欲聋的响声，火箭腾空而起。一个月前阿波罗10号发射升空的时候，科林斯正在4英里之外，巨大的轰鸣声令科林斯印象深刻，对当时的情景，科林斯曾描述道："这不是噪音，这简直是一个怪物。"而现在，科林斯和他的两位同伴正被这个怪物抓起，在轻微的摇摆与颠簸中被送往太空。人类首次登月的行程开始了。

奔月

发射11分42秒之后，最后一级火箭已将阿波罗11号飞船送至地球轨道并自动熄火。现在飞船在大约100英里的高度以每小时18000英里的速度环绕地球飞行。大概在第二轨道的中途，"土星"火箭助推器最后一次点火，这将使飞船达到逃逸速度——25000英里/小时，从而脱离地球轨道。点火成功了！飞船脱离了地球，开始接近月球。



宇航员们现在开始忙碌起来，他们要把“阿波罗／土星”火箭飞船的剩余部件转换成一艘真正的登月飞船。作为指令舱驾驶员，科林斯负责这项被称作“轨道转换和对接”的任务。它的大致过程是：先把指令舱与“土星”火箭和登月舱“鹰”分离，在指令舱飞离“土星”火箭大约75英尺后调头，使其头部与“土星”火箭上的登月舱相对，然后将指令舱的销钉推入登月舱的锥孔，两个飞行器随后会自动锁紧完成对接。最后，“土星”火箭的第三级被抛弃。在此后的日子里，宇航员们将依靠指令舱的辅助推进系统以及地球、月球和太阳的引力作用，到达月球并返回。

这项工作完成之后，宇航员们终于可以松口气了。这时，飞船开始进入地月过渡轨道，也就是地球和月球之间的地带，这段路程将花掉他们两天多的时间。

第四天的清晨，飞船飞越了停泊轨道。由于月球的引力作用，飞船开始向月球迅速降落。一个陌生的世界已近在眼前。面对越来越近的月球，如果仅仅以“激动”之类的字眼来形容宇航员们此时的心情似乎并不准确。科林斯后来在回忆当时那种复杂心情时这样写道：“我一生中所了解的月球，那个平面的、每晚在天空的小黄月轮消失了。在我眼前出现的是我所见过的最可畏的星球。它是如此巨大，完全挡住了我们窗外的视线。”

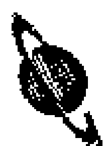
在进入绕月球飞行轨道之后，三名宇航员开始细细打量月球的表面，特别是那片被称作“静海”的平原，阿姆斯特朗和奥尔德林将从那里登上月球。

这是登月前的最后一夜。

登月

第二天一觉醒来，忙碌又开始了。阿姆斯特朗和奥尔德林穿好





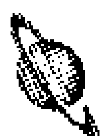
增压服，然后顺着一条直径30英寸的连结管爬进登月舱。下午1点46分，登月舱"鹰"与指令舱"哥伦比亚"分离。在完成最后一次检查之后，"鹰"开始向月球急速降落。而科林斯则将留在环月轨道中，随时监测地面控制中心与"鹰"之间的通讯。月球就在眼前，但他却不能离开岗位半步，这不免让人感到有些遗憾。

此时，在得克萨斯州休斯顿载人宇宙飞船中心的飞行控制室里，还有一群人也在一刻不停地忙碌着：每位登月英雄的背后都有数千名地面工作人员的支持，"没这些人你就别想上天"，一名宇航员这样评价他们的工作。两个半小时过去了，地面指挥中心终于接收到阿姆斯特朗的声音："休斯顿，这里是静海基地。'鹰'着陆成功。"

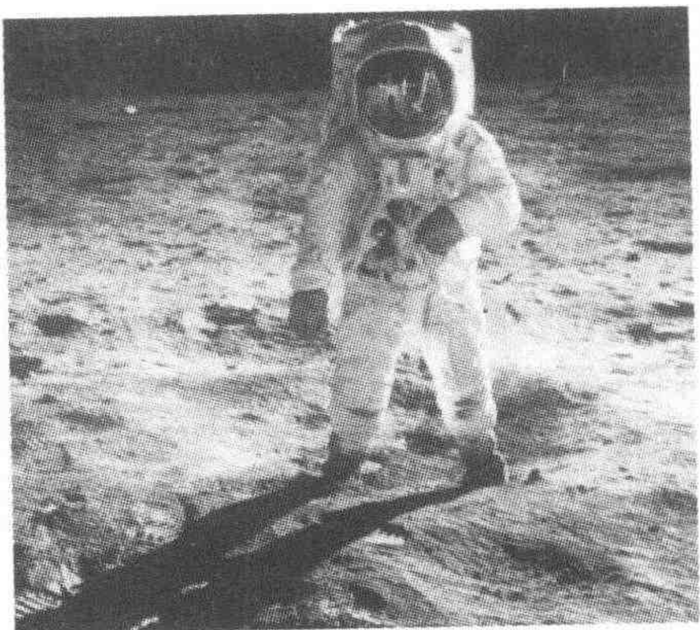
这是1969年7月20日下午4点18分，全世界约10亿人从电视中看到了这个激动人心的时刻。对美国人来说，那是一个难忘的下午，而对于另外一些国家和地区的人们来说，这也许正是一个晴朗的夜晚。远望那个高挂于头顶的小黄月亮，它是否因为有人造访而变得与往常不同了呢？

历险

几分钟以前，一件意外几乎让这成功化为乌有。那是在登月舱降落过程中，警报器突然响了："鹰"的登月轨道出了问题。是中止此次行动——这将使几天来的旅行前功尽弃，还是继续？地面飞行控制官史蒂夫·贝尔斯选择了后者，这是一刹那间的抉择，也正是阿姆斯特朗他们盼望听到的指令。不过，因计算机失灵使他们的登月舱飞过了预选着陆区，而燃料即将耗尽，所以着陆时还是费了点事。有着丰富经验的阿姆斯特朗最终选择了一块较为平坦的陆地平稳降落了。



第一个走下舷梯的阿姆斯特朗讲了一句著名的话："这对我个人来说是一小步，但对人类来说，这是一次巨大的飞跃。"多年以前，当阿姆斯特朗还是一个小孩子的时候，他最喜欢做的事是通过装备在邻居屋顶上的一架自制望远镜观察星星和月亮。那时他常常会梦想自己屏住呼吸，高高地飞翔。现在阿姆斯特朗已经站在月球表面——这个布满尘埃并被许多宇航员认为有着一种"荒凉之美"的地方，真切地感受着这个遥远但却近在咫尺的世界时，是否记起了少年时代那个飞翔的梦呢？



奥尔德林在月球上

在阿姆斯特朗登上月球18分钟后，奥尔德林也来到了这片荒凉的地方，在此后的21小时36分钟里，两个人在月球上安放了月震仪、太阳能电池板和激光反射器，并采集了22千克石块和土壤标本。在离开月球之前，两名宇航员举行了一个仪式，他们将登月舱下半截的支架留在月球上，支架上的不锈钢牌上刻着这样一句话："公元1969年7月，地球上的人类在此首次登上月球，我们代表全人类的和平来到这里。"阿姆斯特朗在仪式上宣读了这段话。1969年7月24日12时50分，指令舱载着3名宇航员安全降落在预定地点——夏威夷西南海面上。

月球探索

在阿姆斯特朗和奥尔德林之后，“阿波罗”计划又先后将另外10名宇航员送上了月球。其实对月球的探索早在人类踏上月球之前，已开始了许多年。

20世纪之前，人类通过对月球的观察已获得不少资料。1878年，德国天文学家施米特（1825～1884）发表了在当时来说最为详细的月面图。它直径195厘米，由25幅分图组成，上面标有33000个地形，根据山影测得的山峰高度有3000多个。

进入20世纪，美国和前苏联围绕着对宇宙空间的探索展开了一场十分激烈的太空竞赛，月球也成为两国角逐的目标。在美国的阿波罗计划之前，前苏联所实施的“月球号”行动曾创下了多项世界第一：

1959年1月2日，月球1号发射，这是航天史上第一个飞向其它天体的飞行器；

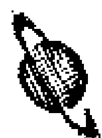
1959年9月12日，月球2号升空，完成了航天史上第一次飞到其它天体的航行；

1959年10月4日，月球3号发射，三天后首次拍得月球背面照片，前苏联科学家据此绘制出月球背面地区的第一份地图和图表；

1966年1月31日，月球9号发射升空，它成为第一个完成了在天体上的软着陆以及从它表面传递情报工作的宇宙飞行器；

1970年9月12日发射的月球16号成功地将月球岩石的样品送回地球，这是宇航史上第一次用自动化装置送回土壤；

1970年11月10日，月球17号到达月球，它所携带的月行车－1号成为宇航史上第一个从地球上操纵的活动科学实验室。



月球上找水

1999 年 7 月 31 日美国国家宇航局利用正在围绕月球轨道飞行的"月球勘探者"探测器撞击月球上的陨石坑，以确认月球上是否存在着水。

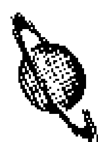
这个探测器是美国宇航局于 1998 年 1 月 6 日发射的。在实施此次实验之前已围绕月球飞行了 18 个月。"月球勘探者"的使命是绘制月球表面地形图、探测月球地质结构和寻找水。

7 月 31 日美国东部时间凌晨 5 点 52 分，宇航局的地面控制人员向定位于距月球表面大约 200 公里的轨道上的"月球勘探者"发出信号，点燃它的制动火箭，使勘探者飞向月球南极。这个重达 160 公斤的探测器以每小时 6000 多公里的速度撞进了 3.2 公里深的月球陨石坑里。如果陨石坑里存在水的话，将会释放出一股水蒸气云。

进行这样的一项实验源自"月球勘探者"在此前获得的一项发现。

"月球探测者"号机器人探测器升空后，对月球表面进行了 7 个星期的扫描。美国国家航空和航天管理局的科学家们在分析了探测器上的中子谱分析器发回的数据后得出结论：月球陨石坑底部的土质很松，里面有大量的氢，而氢的存在表明干土里有冰碴。1998 年 3 月 5 日，在加利福尼亚州的美廷维尤宣布了这一发现。

"月球探测者"号首席分析家艾伦·宾德博士欣喜若狂地说，"我们找到了水！这个发现影响深远。"这些科学家认为，这一发现证实：在过去几十亿年里，冰彗星和冰陨石袭击月球时，把冰留在了月球上。宾德说："月球生成时是干的，水是后来加上去的。我们现在可以肯定的是，月球上有水；我们现在还不能肯定的是，月球



上有多少水。”

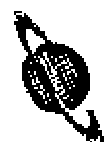
宾德和他的同事、中子谱分析器专家威廉·费尔德曼博士根据机器人探测器发回的初步数据推断：月球上的总储量有可能在1100万吨到3.3亿吨之间，如果月球陨石坑底土壤含水层非常深，那么月球上水的总储量有可能达到13亿吨。但科学家们同时表示，由于月球陨石坑一直在没有阳光的那一面，坑内气温极低，要在那里把土壤里的冰碴提炼成水，需要能够在超低温下工作的机器，而制造这样的机器是非常困难的。

尽管如此，科学家们仍然十分乐观。他们指出，月球上发现水意义极其重大，因为离地球最近的月球有可能因此成为人类探测太阳系和其他星球的跳板和中转基地。他们认为，即使月球上水的储量只有3300万吨，也可保证2000人在月球表面上生活100多年。而如果从地球向月球运输3300万吨水，至少要耗资60万亿美元。因此，月球上发现水对于人类走向太空具有里程碑式的意义。

在美国公布这一消息后，许多科学家认为，这一新发现很可能会在国际航天界掀起新的一轮月球和空间探索热。这种想法很快就得到了印证。1998年3月6日，欧洲航天局宣布，欧洲将于2000年发射一颗微型月球卫星，并于2001年在月球南极附近降下“欧洲月球2000”项目的登月舱。

微型月球卫星将由阿丽亚娜5型火箭发射，主要任务是绘制登月舱着陆点地区的精确地图，为一年后登月舱着陆作准备。按照计划，登月舱着陆误差将在100平方米之内。它将携带40公斤重的科研设备，对南极附近一座6000米高的山峰进行考察。

欧洲航天局称，登月舱预定着陆点位于美国“月球勘探者”探测器发现的月球南极水源分布区域附近，非常有利于建立未来的月球探测科研站。除了有水以外，该地区最大的优点是几乎常年阳



光普照，可为探测活动提供充足的太阳能，无需从地球运去沉重的电瓶或昂贵的、可能造成危险的核能设备。月球南极还有一些太阳系中温度最低的阴影地区，可用于储存冷冻食品。

科学家们一直想在月球上找到水，因为水能够通过化学反应还原成氢和氧，可作为火箭用的燃料和供人类呼吸，这样人类就有可能在月球上建立基地，节省大量从地球向月球输送燃料和氧的费用。不过，美国斯坦福大学的科学家则对这一计划泼了冷水。他们说"月球勘探者"撞击陨石坑溅起的很可能是类似于水泥的月球土壤层的尘土，根本不是水。即使发现有水存在，也可能是一种含水分子的矿物晶体在高温下分解出的水蒸气。

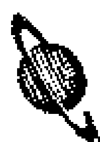
月球上能否找到水，目前还不得而知，但可以肯定的是，伴随着研究手段的日益先进，人类对月球的探索将会在未来的日子里向更加实质化、纵深化发展。

四、在太空安家——空间站

无论是在太空从事科学实验，还是开发空间资源，都需要在太空建造能工作得更长久的实验室，空间站在 20 世纪 70 年代初的问世便是对这一要求的最好回应。谈到空间站，许多人都会感到它很神秘，这倒不是说它本身有什么奇特之处——与宇宙飞船、航天飞机等航天器相比，空间站其实只是更适合长期在太空运行的大型航天器，人们对于空间站的好奇更多地是因为它所处的地点——在茫茫太空"平地"建起一座实验室和生活基地，有许多宇航员和科学家在那儿工作，这才是空间站最诱人的地方。

1971 年 4 月 19 日，前苏联成功地发射了世界上第一个空间





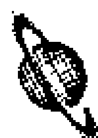
站“礼炮”1号，在此之后，又有8个空间站先后升空，而曾在世纪末引起广泛关注的“阿尔法国际空间站”目前则正在建设之中。

这些空间站大体可分为两种类型：单模块组合式和多模块组合式。前者指的是用运载火箭一次全部送入太空轨道的空间站，而后者则要由多次运送入轨的空间站组件在轨对接或装配而成。两种类型各有各的好处，也都有所不足。

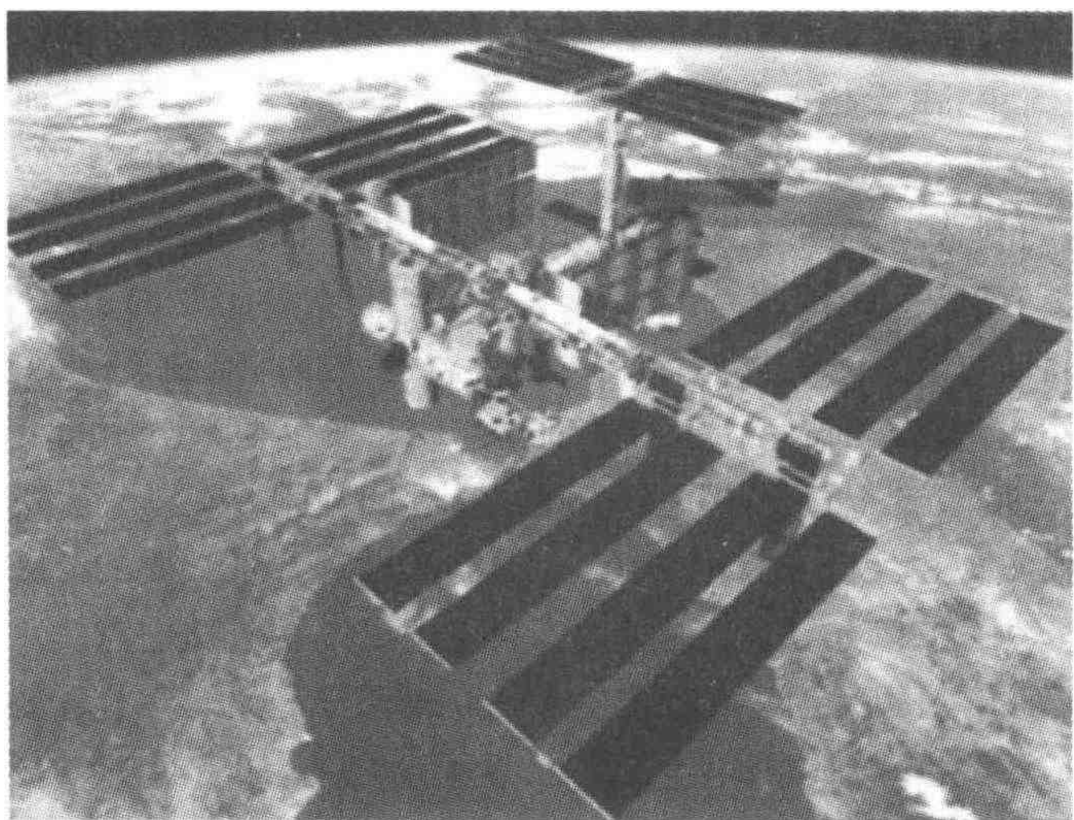
先来看单模块空间站。前苏联的“礼炮”1号~7号以及美国的“天空实验室”都属于这种类型。它的好处在于使用硬件少、技术简单，但由于它现有的体积小而且不能再继续扩展，因此也从一定程度上限制了一些大型科学实验的进行。于是苏联科学家想出了更好的妙招，并在建设“和平号”空间站时将这种设想付诸实施，第一代的多模块组合式空间站就这样诞生了。

“和平号”空间站由一个有6个对接口的核心舱与“量子”1号和2号晶体舱、光谱舱和自然舱以及“联盟－TM”载人飞船、“进步－M”货运飞船组成，总质量达到100多吨，其中晶体舱还可以对接美国航天飞机。像“和平号”这样由多个舱段在轨道上直接对接组成的空间站由于将它拼装起来的过程很像孩子们搭积木，因此被称作“积木式”多模块组合空间站。

到目前为止，只有“和平号”是采用的积木式构型。这种空间站扩展灵活，使用寿命也长。以“和平号”为例，这座1986年2月20日发射升空的空间站，原设计寿命为5年，但至今它已经在轨道上工作了14年之久，虽然是超期服役，但设备尚完好，仍可继续飞行。有一段时间由于俄罗斯经济困难，对“和平”号的预算仅维持到1999年八月份，因此自1999年8月28日第27个基本考察组离开“和平”号后，它一直处在无人状态下飞行。俄曾计划在2000年三月份让其坠毁在太平洋预定区域。尽管超期服役的“和平号”在完



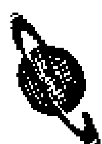
成某些任务时已显得有些力不从心，但当它将坠毁的消息传出后，还是有不少人为之惋惜。不过在2000年初由于得到了资金支持，俄航空航天局已做出决定，“和平号”空间站将暂时不会沉没太平洋，而是将继续进行载人飞行，3月30日将有一个由3人组成的长期科学考察组飞往“和平号”。此间媒体还透露说，届时，在这个



建成后的国际空间站

科学考察组中可能还将有一名特殊成员，他就是电影演员兼导演弗拉基米尔·斯捷克洛夫，他想拍摄一部空间幻想故事片，所以希望去那里体验生活。

在冷战结束之后，美苏两国在航天领域的竞争也算暂告段落，美俄宇航员在俄“和平号”空间站的合作更是令局外人看到了和平与发展的美好前景。不过，即使是在这种“和平”的氛围中，这对昔日的对手仍是吵吵闹闹、冲突不断。大约在1997年的时候，俄罗斯

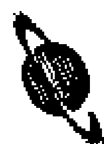


一家媒体披露了宇航员康德柯娃对美国同事的抱怨。报道说，"和平号"出现故障时，只有俄宇航员拿起工具积极抢修，而美国人则乘上自己的航天飞机回家去了。宇航员之间摩擦频发当然不利于研究工作的开展，要想使问题获得圆满的解决，首先得找出症结所在。不过，这其中的原因其实很简单。据当时一位在美国国家宇航局任高官的人士透露，1986年升空的"和平号"空间站设计寿命仅为5年，由于超期服役、不堪重负，因此故障不断；同时，前苏联解体后，航天工业经费匮乏，没能及时完成国际空间站一些关键部件的制造。美国一些官员不仅不帮忙想办法，反而对此大加指责；更有甚者，美国宇航员还对"和平号"的安全问题说三道四、指手划脚。如此一来，两国宇航员的矛盾也就在所难免。

既有合作与竞争，也有吵闹与纠纷，发生在太空中的一幕能否让人们看到今日世界的影子呢？吵闹归吵闹，要想探索外空的奥秘、实现在太空安家的梦想，合作仍然是重要且必要的。目前正在建设中的"阿尔法国际空间站"大概也正说明了这一点。

阿尔法国际空间站是人类有史以来耗资最大、技术最复杂的空间工程。参与其中的除了美国、俄罗斯之外，还有日本、加拿大、巴西以及欧洲航天局11个成员国，共计16个国家。整个空间站预计花费630亿美元，工程将历时6年，计划于2004年竣工。届时这座"空间城堡"将长达108米，宽88米，如果太阳能电池帆板全部展开，空间站的面积将有两个足球场那么大；将可容纳7名宇航员和科学家在此进行长期的工作和生活。为了建成这个空间站，航天飞机将在地球与太空之间往返达45次，把总重量472吨的各种设备、组件运往空间站，而宇航员将通过太空行走来完成各种复杂的组装工作。

阿尔法国际空间站采用的是桁架挂舱式构型，它以桁架为基



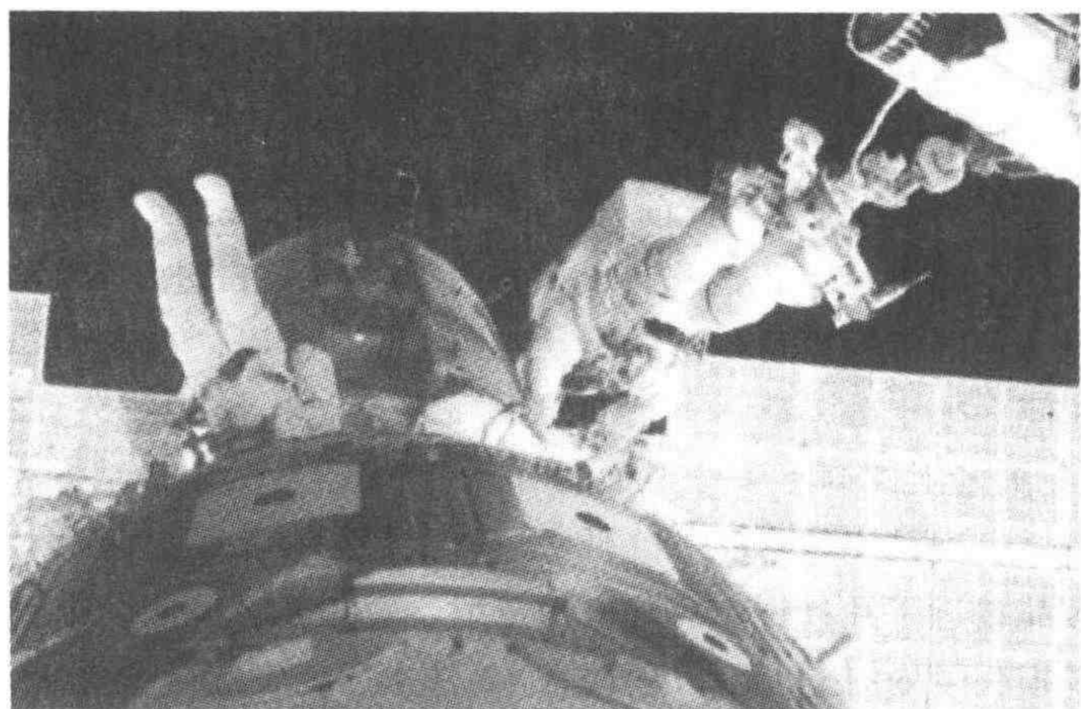
本结构，将多个舱段和设备装在桁架上。空间站的第一个组件是俄罗斯于1998年11月20日发射的功能舱“曙光号”，几天后的1998年12月3日，美国建造的“团结号”节点舱搭载“奋进号”航天飞机发射升空。“团结号”节点舱是空间站的第二个组件，也是用来衔接其它各舱体的关键部件，但在发射的时候却出了一点儿麻烦。事情是这样的：此前升空的“曙光号”已在离地球表面325千米的空间飞行，每天只有几分钟时间会经过“奋进号”的发射地点——美国佛罗里达州卡纳维拉尔角上空，所以，“奋进号”的发射时间必须十分精确。但现实总爱和人开个小小的玩笑：12月3日，在离发射仅剩下4分半钟的时候，警报器突然响了。技术人员检查后发现是座舱水压片降低，故障很快便排除了，但发射时机却因此错过了几秒钟，只好取消发射。短短几秒钟使美国航空航天局损失了60亿美元。发射改在12月4日凌晨进行，这次一切顺利。

“团结号”与“曙光号”的对接是整个空间站建设过程中的第一次对接，而且它的组装成功与否关系到空间站日后的建设，因此美国航空航天局对此十分重视，特地挑选了6名经验丰富的宇航员执行此次任务。12月5日下午4点50分，宇航员柯里首先启动了航天飞机上长达15米的机械手，将“团结号”节点舱提升到了适当的高度，然后转动舱体，使“团结号”与“奋进号”彼此维持相互垂直的状态。在柯里忙着这项工作的同时，机长卡巴纳则发动了“奋进号”航天飞机的助推器，迫使航天飞机向上移动，以保证部件间的精确衔接。12月6日晚上9时许，“奋进号”的机械手准确地抓到了“曙光号”，并将其置于距离“团结号”上方仅5厘米的地方。随后，机长巴卡纳点燃了助推器，“奋进号”渐渐上移，两个组件之间的距离逐渐缩小。晚上9点44分，“曙光号”和“团结



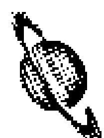
号"终于紧密地衔接在一起。

在顺利完成对接后，两名宇航员还进行了三次太空行走，将



罗斯和诺尔曼在舱外进行连接"团结号"与"曙光号"之间光缆的作业

两个舱的动力输送系统和数据传输系统连接在一起，安装并打开天线，同时进行了一番内部装修。至此，人类在太空的一个新的根据地已初具规模。

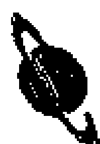


第十章　搜寻地外文明

“直到19世纪后期还没有人相信，我们这个世界正被像人一样的、而又远比我们聪慧的智能生命以浓厚的兴趣仔细地观察着，也没有人会相信，当人们各自碌碌奔忙时，他们正在被仔细地研究着，其仔细程度也许就像用一架显微镜观察在一滴水中聚集繁殖、朝生暮死的细菌。……浩瀚的宇宙大洋彼岸的居民，他们的智力与我们相比，正如我们与野兽相比一样，那些居民智力发达、感情冷漠，正以妒忌的眼光窥视着地球，并在缓慢而又扎实地制定着进攻我们的计划。”

1897年，当科幻作家威尔斯完成了他的名著《星球大战》，该书立即在读者中引起强烈反响。因为早在1877年意大利人斯基帕雷利宣布发现火星“运河”之后（见第八章），有关火星人的猜想已开始迅速蔓延，而威尔斯的小说无疑使怀疑的人群有了更多相信外星人存在的理由。

在此后的一个世纪中，不断有各种关于外星人访问地球的目击报告，引起了人们的极大兴趣；1999年底，国内不断有关于不明飞行物的目击事件。在一切尚未完全查清楚的时候便简单地说是或不是都同样是不科学的，但我们却可以运用前面几章中谈到的内容，静下心来好好想想有关外星人的各种问题，比如：是否有外星人存在？外星人会光临地球吗？外星人长的什么样？如何找到外星人？这些就是本章将要讨论的内容。

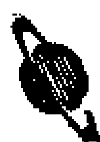


一、生命之家知多少

前面我们已经谈到，根据目前公认的大爆炸理论，宇宙是由大约150亿年前的大爆炸产生的。有人曾打过这样一个有趣的比方：如果将这150亿年折合成一天24小时的话，人类的出现应该是在晚上11点59分54秒，此时距离午夜仅剩6秒钟的时间，人类开始定居生活乃至进入工业时代都发生在这短短的6秒钟之内。与漫长的宇宙年龄相比，人类文明的历史是如此短暂。于是问题就提出来了：在人类出场之前，在地球以外的地方曾经发生过什么？我们的太阳是一颗相对年轻的天体，它出生的时间大约是在下午4点20分。而在那些更古老的恒星周围运行的行星上，生命的形成是完全有可能的。很显然，对这些问题的探索将使我们更好地理解生命和文明。

迄今为止，我们已知的文明社会只有一个，这就是我们的地球文明，而我们认识的生命形式也只有一种，所以我们不妨以此为基础来推测一下银河系中是否有具备了文明产生条件的地方。在太阳系九大行星中，除了地球和火星之外，其它七颗行星都不适合生命存在，这在前面我们已经讨论过了。而那些小行星和彗星由于质量太小无法保持大气，因此也不能维持生命。不过这并不意味着地球是茫茫宇宙中惟一的生命之家，因为太阳系仅仅是宇宙中的普通一员，在银河系中还有许多像太阳一样的恒星，那么在这些恒星周围是否会有生命甚至是文明存在呢？

现在让我们来考察银河系中的恒星，这是一些我们再熟悉不过的星星了，但怎样的恒星才会有利于生命的存活呢？首先，它应该是拥有行星系统的恒星，因为恒星的温度都很高，即使最冷的恒



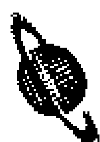
星其表面温度也在两三千度左右，而它的内部温度就更高了，所以恒星上根本无法居住。但如果恒星周围有行星绕其转动，就像我们的地球绕太阳转动一样，这些行星上可能就会出现生命，因此现在我们有必要知道银河系中这样的恒星有多少。下面我们就要进行层层筛选，看看银河系中会有多少可能孕育生命的地方。

根据目前人们已经掌握的情况，银河系中恒星的总数大概在1500～3000亿颗左右，我们暂且取一个最小值1500亿颗作为我们今天要做的这道乘法题的第一个乘数。不是所有恒星都拥有行星系统，目前的天文观测还很难了解究竟有多少恒星拥有行星系统，但科学家们却提出了一个大致的数字：带有行星系统的恒星可能占恒星总数的93%，1500亿的93%大约为1400亿。

这1400亿颗恒星都能孵育生命吗？不是的。质量太大或太小的恒星都不符合条件。因为生命的形成与文明的产生是需要时间的，以地球上的生命为例，从最初的氨基酸进化到智慧生命并进而产生文明，这个过程经历了几十亿年的时间，这就对我们的恒星提出了要求：它必须有一个较长的稳定期，也就是说在主星序上必须停留足够的时间。在讨论恒星演化的时候，我们已经知道，质量太大的恒星由于燃烧得太快，因此在主星序停留的时间太短。那些质量小的恒星虽然可以相对较长久地停留在主星序中，但却无法提供生命成长过程中所需的能量。这样看来，只有那些大小适中的恒星才能同时为生命的孵育提供必要的时间和能量，而这部分恒星仅占所有恒星的四分之一左右。经过这一道过滤，我们发现符合条件的恒星数目已降到350亿颗了。

符合上述条件的行星系统现在要开始新一轮的挑选，这次考察的标准是行星与恒星的距离。行星同恒星离得太近，温度就会很热，而离远了又会太冷，所以在一颗恒星周围只有在离它远近适中

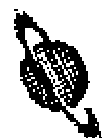




的范围内才会有出现生命的可能性，这个范围被称作该恒星的"生态圈"。不过在考察这一点的时候，科学家们注意到在双星、聚星系统中，有一部分是不适合生命出现的。因为此时两颗星或多颗星会彼此影响，使得它们的生态圈时刻处在变动之中，这种生态圈对于生命将毫无意义可言，而那些真正具备有用的生态圈的太阳型恒星大约占 70%。350 亿的 70% 大约为 245 亿。

生命的起源不仅需要适当的温度，而且应具备碳、氢、氧、氮等重要原料。氢是宇宙中最丰富的元素自不必说，而那些重元素则是在恒星内部以氢为原料通过各种原子核反应而逐步形成的。正如我们在恒星的演化一章中所说的，恒星演化晚期的爆发过程中，会将大量物质抛向星际空间，这些物质同原来已经存在的星际气体、尘埃混合在一起，多年以后，这些星际物质又会重新聚集起来形成第二代恒星，它们和它们的行星系统在形成之初就含有生命所必需的重元素。而第一代恒星，其成分接近原始银河云的成分，而缺乏生命必需的重元素，所以它的行星系统中不会有生命。已有的研究表明，一个星系中的恒星大约只有 10% 的恒星有第二代恒星。这样算来，银河系中只有 24.5 亿颗恒星是具备有用生态圈的第二代太阳型恒星。

恒星的生态圈里必须存在行星，才有可能出现生命。据推测，每两颗恒星的生态圈中大约只有一个拥有一颗行星。处在恒星生态圈中的行星并不一定就会形成生命，它们的质量也是十分重要的条件。如果太小，它的引力就不足以保持其大气圈和水，而这对于生命的形成与发展是至关重要的；而质量太大，其引力过强，也不利于高级生命的发展。美籍华人科学家黄授书教授曾在计算后认为，这种可居住行星的半径在几千至两万千米之间。如果以我们的太阳系作为参照的样本的话，有两颗星球处在恒星生态圈内，但



只有一颗上产生了生命。这两个条件使得前面计算出的24.5又要被刷掉四分之三，于是得出以下这个数字：银河系中，在有用的生态圈里有一颗地球型行星的第二代太阳型恒星约为6亿颗。

行星大小适中而且落在生态圈中也不一定会产生生命，还有一些条件会限制它们。比如说，行星的自转周期太长，就会使白天和黑夜都十分漫长，这将不利于生命生存与成长。行星的公转轨道如果是呈扁长状的椭圆轨道，那么即使这颗行星与太阳的平均距离正好落在生态圈之内，它的轨道两端还是会远远超出生态圈的，而它的近日点则可能落在生态圈边缘内侧。这样一来，这颗行星上的冬天将会严寒异常，而夏季则酷热难当，这样极端的环境也是不太可能出现生命的。如此看来，我们生活的地球真是生命最好的乐园，那么像地球这样的星球在银河系中有多少呢？我们不妨作一个乐观的估计：每两颗地球型行星中有一颗是可居住的。于是我们可以得出，银河系中可居住的行星总数为3亿颗。这个结果意味着在银河系中每500颗恒星中有一颗拥有一个可居住的行星。在这些可居住的行星上是否都有生命出现，是否会有技术文明出现，这涉及到更多的问题，比如孕育生命的漫长时间、有利于智慧生命乃至技术文明出现的各种外部环境等等。情况虽然复杂，但科学家们还是对此做出了乐观的估计。当然这样的估计是否就是真实情况的反应，还需要通过更多的探索工作得到进一步的证实。

二、外星人长的什么样儿

1999年初，伦敦大学学院的唐·考恩博士向英国皇家天文学会报告说，作为生物学家，我们有充分的理由认为，在其它地方也





存在生命。但是，其它星球上的生命更可能是一种单细胞生命。考恩说："从进化上来说，生命将是非常原始的。"当然还有另一种可能性。

塞思·肖斯泰克是美国加利福尼亚州 SETI(Search for Extraterrestrial Intelligence, 搜寻地外文明)研究所——一家非赢利性的研究机构的天文学家，同时作为一名科普作家，他已撰写了数百篇科学通俗小品。他曾根据已有的研究成果对外星人作了一番有趣的设想。

如果外星人居住在与地球类似的行星上，它们的体重大约会在 10 磅到 10 吨之间。当然这可能会依据其所处行星的引力而有所增加或减少。外星人不太可能生活在水中，因为海洋环境太简单：温度变化十分缓慢，天气总是一样，这样的环境不易在较短的时间内造就智慧生命。会飞的外星人倒是极有可能：有着厚厚的大气层、较低的引力尤其是富氧空气的行星是很可能产生会飞的智慧生命的。

在考察了海洋与天空之后，肖斯泰克将目光转向陆地。如果外星人生活在陆地，他们将会长成什么样子呢？他们应该有眼睛，这对收集外界信息是十分有用的。事实上，眼睛是如此便于使用以至于大自然将它赋予了地球上许多动物。长有两只眼睛也许是比较合适的，而两只以上的眼睛也许会带来更多的好处，但付出的代价



是给大脑增添了额外的负担。听力是另一项普遍实用的才能，在丛林地带这些视野受限的地方利用它可以方便地与外界沟通。嗅觉没有在人身上过度发展，但在其它动物那里得到了广泛的使用。不过仅仅依赖嗅觉的不利之处在于，气味是通过空气的扩散来传播的，因此想要精确定位很困难。

所有人的感官对外星人同样具有意义；让这些感（知）觉器官——眼睛、耳朵、鼻子或是它们在地球之外的对应物长得尽可能高些将有助于它们更好地捕捉外界信息；这些感（知）觉器官长在离大脑更近的地方可以将反应时间减到最少。要使这一切成为可能，外星人应该有一个脑袋，他们的大脑将长在脑袋里。这样看来，外星人似乎与地球人相差不大，但肖斯泰克认为外星人不太可能长得像我们一样，地球上生物之间的差异已足以说明这一点。

三、外星人会侵略我们吗

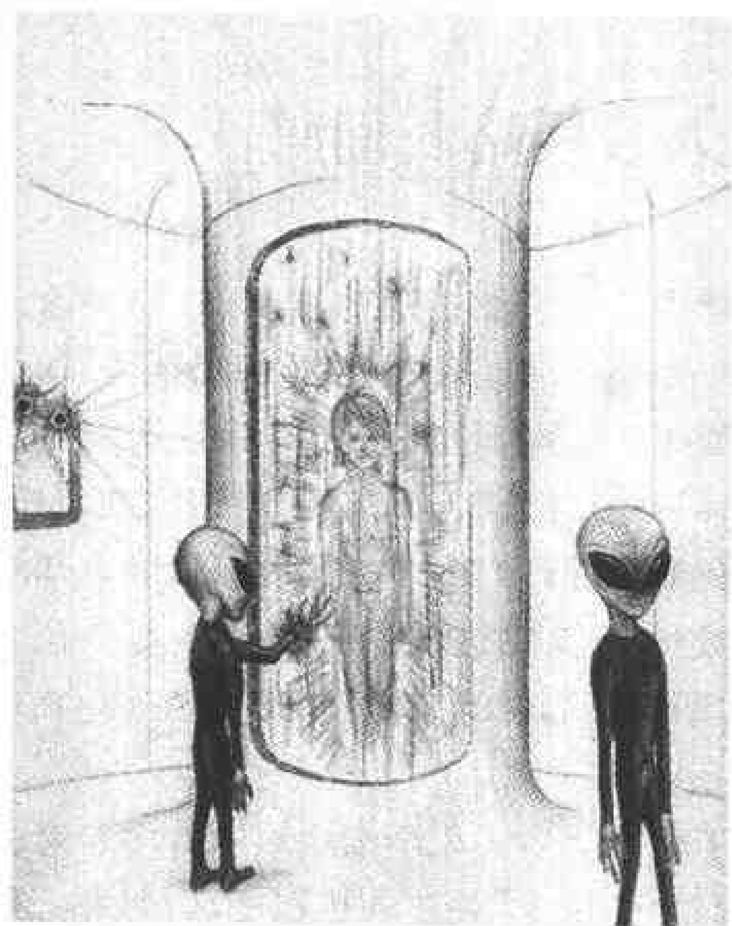
1938年的10月30日本是一个普普通通的星期天，然而这天美国一家广播公司播出的一则关于火星人入侵的“现场报道”却令许多美国人着实受了一回惊吓。这条“现场报道”实际上是一名23岁的年轻人奥森·威尔斯编写的广播剧，而且从节目开始播出时就声明纯属虚构，但一些在节目进行当中才打开收音机的人却对此信以为真，他们来不及多想便一头钻进汽车仓皇逃命。据一位女中学生后来回忆，她和她的朋友们当时的感觉是“死亡越来越临近了”。

在地球上孤独地生活了多年之后，人渐渐生出了许多奇奇怪怪的想法：人所居住的星球是“外星人”关注的热点地区；而那些生

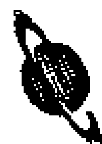


活在其它星球上的高智能生命则是一群不可理喻的家伙，他们心怀叵测地窥探着地球人的活动，随时可能踏访地球，一场血腥屠杀之后消灭地球的土著居民，然后取而代之。这样的想法在好莱坞的“梦幻工厂”中得到了最充分的展现，60多年前播出的那则广播剧更是将此发挥到了极致。

不论是否意识到，今天的人们一方面越来越多地借助大众传媒感受世界、获取新知，另一方面，在传播媒介的重重包围之下，人们似乎已忘记了如何分辨好莱坞与现实生活之间的差距。不过即使是这样，当地球人与外星侵略者在经过一番鏖战终于得胜还朝之后，走出影院的人们还是忍不住要在心里嘀咕：我们的邻居真的这么可怕吗？对于这个问题，我们不妨来听听几位科学家是怎么看的。



卡尔·萨根，曾任美国康奈尔大学行星研究中心主任、加州理工学院喷气推进实验室科学家，他同时还是一位著名的科学作家，在有关外星人是否会是充满敌意的这个问题上，他说：“有人担心，我们可能接触到的先进文明恐怕是不善的。这种担心是毫无意义的。情况更可能是这样，即他们之所以能生存如此之久，这个事实本身就



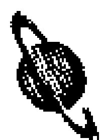
意味着他们已学会与他们自己以及与其他文明共处。我们如此害怕与外星人接触，大概只不过是我们的落后状态的反映，是我们对自己曾在历史上蹂躏过比我们稍为落后的文明而感到良心上不安的一种表现。”

作为一名颇受欢迎的谈话节目嘉宾，肖斯泰克曾应邀在美国一家网站做客。聊天中，一名网友道出了许多人的忧虑，他说，我们很可能在太空深处与地外生命接触，假定他们是善良仁慈的，他们的存在依然是危险的。因为我们地球上所拥有的也是他们所需要的，比如氧。外星人是否会把地球看作是资源丰富却被一群“傻瓜”占据的矿藏？如果外星人为了这里的矿藏而入侵地球时，我们能采取什么措施击退他们呢？对于这一问题，肖斯泰克显得十分轻松，他说：“我认为这有点像蚂蚁担心人入侵它们的家园。我对此并不担忧。高级的外星人对我们星球上的‘露天矿’没什么兴趣。地球上拥有的资源，外星人在离家更近的地方也可以得到。”

看来外星人入侵地球实在是没什么必要了，那么如果这样的地外文明真的存在，他们会光临地球吗？有天文学家们认为，这种可能性趋近于零。理由是：距离太阳系最近的恒星系统也有4.3光年，这样遥远的距离，从那里乘最快的飞船到太阳系，也要飞行几万年。暂且将天文学家们的解释放在一边，从另一个层面来讲，外星人能光临地球恐怕都不是一件容易的事。

阿特·布奇沃德（Art Buchward）是美国《华盛顿邮报》幽默专栏作家，多年以前在为该报撰写的一篇幽默小品中，布奇沃德虚构了这样一个来自金星的故事：金星上的科学家发射的探测器首次成功地在地球上（更具体地说，是在曼哈顿）着陆，并发回了不少照片，但在科学家们分析向地球发射载人飞船的可行性时，他们得出的结论是令人沮丧的。这些科学家认为，地球上没有生命存在，原





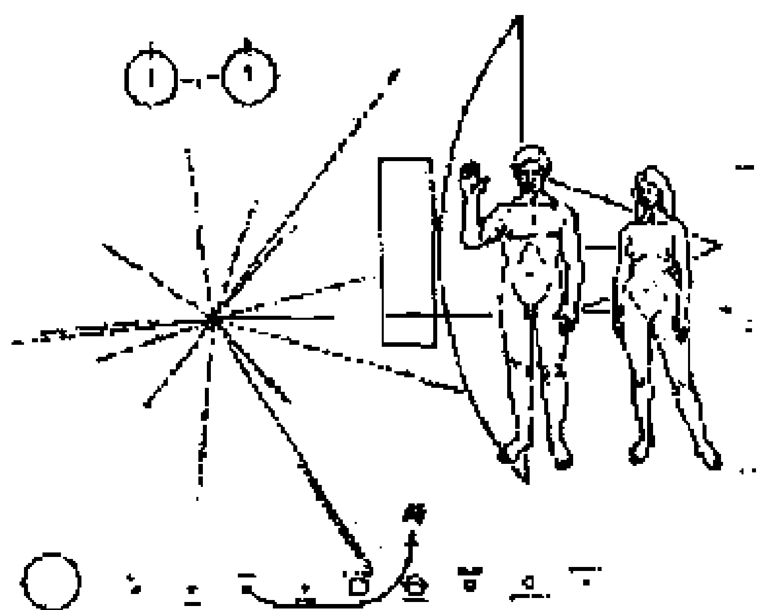
因有二：其一曰，曼哈顿一带的地球表面是坚硬的混凝土构成的，没有什么东西可以在那里生长；其二曰，地球大气充满了一氧化碳及其他一些十分可怕的（更确切地说是致命的）气体，没人能靠呼吸着这样的空气来维持生命。仅此两条就使金星人探测地球的雄心成了泡影。科学家们说，如果派人去地球的话必须自带氧气和可以饮用的水，这将增加飞船携带物品的分量，从而使预算也随之增加。另外，地球上还有很多可怕的金属质微粒（注：指汽车），它们会放出气体、制造噪音，时不时地还会撞在一起，这给载人飞船着陆地球带来了麻烦，因为如果飞船在着陆时被这些金属微粒撞上的话，那可就太危险了。不过尽管有这么多困难与危险，金星上的科学家们仍然踌躇满志地表示：一俟得到足够的资金支持，立即展开载人地球飞行。那么究竟是什么原因使科学家们如此不畏艰险、不辞辛劳？金星上的佐格教授一语道破天机：如果能学会呼吸地球大气，我们金星人将可以居住在任何地方。原来金星人千辛万苦想要登上地球只是为了训练自己的生存能力。但这也许只是一个特例，如果有更多外星球的智能生命存在的话，他们也许面对地球上恶劣的环境而放弃了拜访（或侵略）地球的打算。担心外星人入侵的人现在尽可以放心了，因为污染为我们撑起了一把“保护伞”，但是就算我们逃过了外星人入侵这一劫，环境污染、生态恶化也终有一天会将我们置于绝境。相比起外星人入侵来，这也许才是更令人担忧的。这不是耸人听闻，事实就是这样：如果不立即采取措施，不仅我们自己的生存会受到威胁，就连外星球的客人也不愿来访问我们了。



四、与地外文明沟通

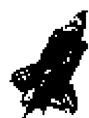
早在1972年，美国国家科学院天文研究委员会就在其报告中说："越来越多的科学家认为与其他文明的接触不再是出乎我们期望之外，而是人类历史上一件必然的事，它可能将在我们中许多人的有生之年成为现实。……从长远的观点看来，这可能是科学对人类和人类文明最重要、意义最深远的贡献。"时隔10年后，该委员会又在另一份报告中再次表达了相同的观点。

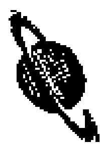
科学界的加入使寻找外星人不再只是一种自发的热情，近来天文学以及航天领域频频传回的消息也正日益深刻地影响着这项曾在许多人看来根本是无稽之谈的研究。1999年初，一个国际天文研究小组在太阳系之外发现了第一颗类似地球的行星：它的直径与地球相似，围绕着一颗热度与太阳一样的中央天体运行；不仅如此，它与这个中央天体之间的距离也与地球与太阳之间的距离相似。与此同时，科学家对火星陨石的研究结果表明，火星上可能曾经存在过生命。



"先驱者"号飞船携带的标志版

地外文明有可能存在，但要与他们沟通却并不是一件容易的事。首先是语言不通。如果两个陌生人在路上相遇，而你不知道对方使用的是何种语言，那么你可以用试探的口气去询问，并且很快收到信息的反馈。但与

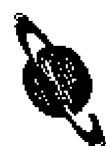




外星人沟通却要困难得多。因为你既不知道他们使用的是何种语言,而且当你试探时也不能保证能收到对方的回应。尽管如此,人们却没有放弃努力。在与外星人沟通的过程中,数学和音乐都曾作为沟通的语言。

100 多年前,德国数学家高斯曾提出这样一个方案:在原野上种植大量树木,但这些树木并非杂乱无章,而是种在一个直角三角形的区域里。然后在这个直角三角形的每条边分别向外作一正方形,并以不同颜色的植被填充之。高斯的意图很明显,如果太阳系还有其他高度发展的文明,并且看到了这个图案的话,那他们可能会看出其中的规律,并推断出地球上有懂得勾股定理的智慧生命。

高斯的方法还是以地球为基础展开的,而在 20 世纪,当太空时代的大门开启之时,人们将探索的眼睛送上星际空间之时,也没忘了给我们的外星"邻居"们捎上礼物和问候。"先驱者"10 号和 11 号都携带了一块镀金铝质标志版,大小均为 15 厘米宽、22.5 厘米长,上面分别画着太阳系和地球上人类的形象,科学家希望这两块标志版能给外星人带去和平的信号。"旅行者"1 号和 2 号携带的礼物更是丰富有趣:它们各带了一张镀金铜质声像片和一枚金钢石唱针,其图像和音质即使在 10 亿年后仍完好如初。声像片的一面收录了长达 90 分钟的地球音响,其中包括用 60 种不同语言录制的问候语,比如中国普通话:"各位都好吧!我们都很想念你们,有空请到这里来玩!"中国粤语:"各位都好吗?祝各位平安快乐!"等等,此外还有 35 种地球自然界的音响,如刮风、下雨、火山爆发等,20 首闻名于世的乐曲也收录在内,其中包括中国古曲《流水》。声像片的另一面则是 116 幅反映地球文明的画面,其中有中国人午餐的场面和长城的雄姿。"先驱者"和"旅行者"都早已飞出



了太阳系，并且继续向更远的目标飞去，它们何时能取得收获目前还不知道。人类"高山流水觅知音"的心情是急切的，所以除了向外星球传递唱片外，人们还用各种办法去寻找地外方明，比如尝试利用无线电与地外文明互通信息。但这种方法是否能收到预期的效果目前尚不可知，除了技术的原因之外，这里还涉及到文明发展的进程问题。

文明的发展通常并不同步，这一点从地球上的情况就可以一目了然：当一些人惊叹信息时代的诸般好处之时，还有另一些人依然在原始的仪式中自得其乐。同一个星球上尚且如此，更不必说两颗相距甚远的星球上的文明，其差异很可能将是以万年计、以亿年计。美国科幻作家阿瑟·克拉克曾有一次谈到过寻找地外文明的困难：我们不妨想象一群生活在海中孤岛上的石器时代的居民，他们虽然已建造出了航海的船，但却从来没有见到过海中的其它岛屿。他们很想知道在他们居住的孤岛之外是否有人存在，于是他们在远处寻找着他们所能想象得到的远距离通信方式：烽烟。不幸的是，他们的邻居已经在使用蜂窝电话了。如果在地球之外存在着比我们高级几个世纪的技术文明，那么在我们与他们之间很可能就横亘着这样的一道鸿沟，更不必说与那些比我们高级几百万年的文明进行沟通了。克拉克称，我们无法进入这一"通讯互联网"，其原因在于我们的技术还没有先进到足以接入该网络。不过，尽管困难重重，人们依然愿意做更多的尝试，而且从目前来看，无线电可能是我们与地外文明联系的最好的方式。

在谈到射电天文学的发展时，我们已经知道位于波多黎各的阿雷西博（Arecibo）射电望远镜配备了雷达系统，因此它可以作为雷达使用。科学家们用它绘制了太阳系星体的雷达图。但它最有意思的经历还要数 1974 年的那一次。这一年的 11 月 16 日，科学

家利用阿雷西博的雷达系统向武仙座球状星团（M13，NGO6205）发出了一系列的信号，用人们认为智慧生命能看懂的形式传达有关地球乃至太阳系的信息。阿雷西博射电望远镜因此成为人类向地外文明通话的“话筒”。

除了主动向地外文明发送信号之外，科学家们还希望接收到地外文明发来的信号。而且从目前看来，利用无线电波探索外星生命是最为有效的手段。科学家们经过分析，认为如果地外文明向其它星球发送信号，他们所使用的频率应该是在1420兆赫、1667兆赫和22000兆赫附近。来自遥远星球的无线电信号到达地球时将变得十分微弱，但射电望远镜在20世纪的发展为科学家们提供了倾听这些微弱“声音”的耳朵。阿雷西博就是其中最有名的一台。你是否还记得，如此功能强大的耳朵，最早诞生于美国无线电工程师雷伯自家的后院里，当时雷伯的母亲还曾抱怨儿子的射电望远镜那么笨重地高耸在她们的房屋之上，她说它是“一件极其讨厌的东西，妨碍了晾挂衣服”。

1960年，美国科学家率先进行了这方面的尝试。在这项探索计划中，科学家启用阿雷西博望远镜在三个月时间中监听了150个小时的无线电信号，但分析之后人们却没有取得什么收获。这项计划名叫“奥兹玛”，这是一个儿童故事中公主的名字，她住在一个叫做“奥兹”的地方，这个地方在很遥远的天上。科学家们希望以这种命名来表明心志：宇宙间有一些文明栖息的地方甚至比奥兹还要遥远。

阿雷西博的任务并没有从此结束，尽管出师不利，但科学家们不会因此放弃这样的努力。因为他们认为用无线电方式寻找地外文明的路子是对的，而没有取得收获只是因为我们不知道地外文明会在何时、何地、以何种方式向太空发送无线电信号，所以从



70年代开始科学家们便设想在更广泛的区域展开地外文明的调查。在1999年更有一项名为SETI@ home(Search for Extraterrestrial Intelligence at Home，在家中搜寻地外文明）的搜寻外星人计划使阿雷西博的大名正被世界各地越来越多的网友所认识。

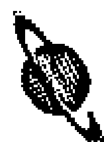
Arecibo是一台巨大且十分灵敏的射电望远镜，夜以继日地监听着来自地外文明的"声音"，但是当大量的数据涌到耳边，要从中搜索出所需的信息时，一台巨型超级计算机就成为必要的设备，不过这要花费一大笔钱方能办到。手头并不宽裕的科学家们想出了权宜之计：与其用一台巨大的计算机，还不如由更多"小"电脑来分担这项繁重的工作。幸运的是，数据分析的任务可以被分解后相互独立地进行；另外，Arecibo所能监视的天空也是有限的。这使SETI@ home项目的实施成为可能。

经济上的拮据固然是导致SETI@ home的动因之一，但该项目的设想及最终实施其实更多的是缘自一位科学家最初的冲动。他叫戴维·戈迪，是SETI@ home项目的首任主任，现为该项目的顾问组成员。1994年正值人类首次登月25周年，这一年的圣诞舞会上，戈迪与朋友们追忆往昔、感慨万千。"当时的人，至少是青少年真正感受到世界正在改变，"戈迪说，"我想，人们都在渴望出现能改变我们世界的新发现。"但是有什么能比发现地外文明——特别是当所有人都参加到这一发现过程中——更能令世界为之一振呢？曾担任过一项联机教育项目工程主任的戈迪于是设想，可以通过因特网开发世界各地个人电脑的闲置能力来帮忙搜寻地外文明。SETI@ home的想法就这样诞生，并于随后得到了加利福尼亚大学一群从事SETI研究的科学家们的支持。1996年，戈迪提出SETI@ home的概念并组成初始项目小组。在1996年7月的第五次国际生物天文学大会上，该计划获得了广泛支持。

根据计划，每天，Arecibo 所接收到的数据都会被记录在高密度数字磁带上，传回设在加州大学的研究基地，随后这些数据将被分解成大小为 0.25Mb 的“工作单元”，再由 SETI@ home 的主服务器分别发送到不同的个人电脑上。在该项目的进行中，世界各地的网友们要做的仅仅是到该项目的站点上下载并安装一个特殊的屏幕保护软件。这样，当人们结束工作休息时，这一屏幕保护程序会和其它屏保程序一样开始运行，所不同的是，当这种屏保程序运行时，这台看似休息的电脑实际上已经加入到寻找外星人的行列中：接收、分析来自 SETI@ home、已被分解成“工作单元”的数据，分析工作结束后系统会自动联机将分析结果传回基地，然后再接收另一新的“工作单元”（这一过程也可以是由电脑的拥有者自行控制）。使用标准调制解调器，数据传输过程持续的时间不会超过 5 分钟。所有数据传输完毕后，连接将立即断开。如果基地较长时间没有收到某台个人电脑传回的消息，将视为自动放弃，这份未完成的工作将分配给其它人。

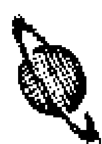
1999 年 5 月，SETI@ home 的软件在网上发布，在开始的一个月时间里，下载这一软件的人次达到 50 万。在以后的几个月中，日下载量虽已从最初的 30000 人下降到 10000 人，但能吸引如此众多的人共同加入到一项研究中，SETI@ home 的战果已是不菲。想象一下，当人们离开工作台去打球、喝咖啡或是沉沉睡去的时候，数十万台电脑却在不知疲倦地寻找外星人的踪迹。且不说最终的结果如何，这一过程就已让人兴奋不已。

SETI@ home 项目计划将进行两年，在这段不算太长的时间里，能否收到外星人发出的信号，目前还不得而知，但可以预期的是，即使这次仍未获得想要的结果，科学家也不会因此放弃这项研究。因为，寻找外星人的研究已开展了数十年，早已习惯了失败



的 SETI 研究者们多年来始终重复着这样的观点（它于 1959 年由 Giuseppe Cocconi 和 Philip Morrison 在他们的第一篇科学论文中首次被提出）："成功的可能性难以估计；但如果我们从不去探索，成功的机会就是零。"



 附录一　20世纪天文学大事记

★1903年,俄国的齐奥尔科夫斯基发表星际航行学专著。

★1905年:丹麦天文学家赫茨普龙发现巨星和矮星。

★1905年:爱因斯坦发表狭义相对论。

★1908年:美国天文学家海尔发现黑子磁场,这是人类首次观测到地球以外的磁效应。

★约1910年:德国的威尔森、席纳尔和法国的诺德曼测定恒星温度,计算出恒星直径。

★1912年:美国女天文学家莱维特发现造父变星周光关系。

★1913年:美国天文学家H·N·罗素公布了恒星光谱型-光度图,它与此前丹麦天文学家赫茨普龙绘出的恒星颜色-星等图合称为赫罗图。

★1914年:美国的斯里弗发表13个星系的视向速度表,发现星系有退行运动。

★1915年:爱因斯坦发表广义相对论,解释水星近日点进动的超差问题,预言光线在引力场中会发生偏转现象。

★1916年:美国的W·S·亚当斯创造分光视差法。

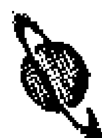
★1917年:爱因斯坦发表现代宇宙学奠基之作《根据广义相对论对宇宙学所做的考察》

★1918年:沙普利发现太阳不在银河系中心。

★1919年:爱丁顿率领的日食观测队发现太阳引力使光线偏转的现象,成为爱因斯坦广义相对论的天文学验证之一。

★1920年:印度的萨哈提出恒星大气中原子的电离理论。

★1924年:英国天文学家爱丁顿从理论上导出恒星的质光关



系。

*1924年：美国的哈勃宣布仙女座大星云在银河系之外，是与银河系一样的庞大恒星系统，即仙女星系。

*1925年：W·S·亚当斯发现天狼星伴星光谱线的引力红移，再次验证了广义相对论理论，并论证白矮星中超密态物质的存在。

*1926年：美国天文学家爱丁顿出版《恒星内部结构》一书。

*1926年：瑞典天文学家林德布拉德重新提出银河系自转，1927年经荷兰的奥尔特证实。

*1929年：哈勃发现河外星系谱线红移所对应的退行速度与距离成正比，现通称哈勃定律。

*1930年：美国的汤博发现冥王星。

*1930年：瑞士科学家特朗普勒提出星际吸光改正。

*1931年，德国的施密特公布他发明的施密特望远镜。

*1931~1935年：美国的央斯基发现来自银心的射电辐射，并先后三次发表论文报告其研究进展。

*1932年：前苏联的朗道预言中子星的存在。

*1937年：美国的雷伯建成射电望远镜。

*1937~1939年：德国的魏茨泽克和美国的贝特创立恒星的核能源理论。

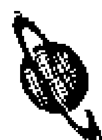
*1938年：荷兰的奥尔特推测银河系具有旋涡结构。

*1940年：苏联的马克苏托夫发明又一种折反射望远镜"马克苏托夫望远镜"。

*1942年：英国的海伊发现太阳射电。

*1942年：荷兰的奥尔特论证了蟹状星云是1054年金牛座超新星遗迹。





*1943 年:美国的塞佛特发现一种有强烈活动的星系——塞佛特星系。

*1944 年:荷兰的范德胡斯特从理论上提出星际中性氢 21 厘米射电谱线。

*1944 年:德国的巴德重新提出星族概念。

*1947 年:前苏联的阿姆巴楚米扬发现星协。

*1948 年:口径 508 厘米的反射望远镜在美国帕洛玛天文台落成。

*1950 年:瑞士的瓦尔德迈尔发现日冕中的冕洞。

*1951 年:美国的珀塞尔、尤恩和澳大利亚的克里斯琴森等人观测证实中性氢 21 厘米谱线的存在。

*1951~1954 年:美国、荷兰和澳大利亚的天文学家先用光学方法,后用射电方法,发现并描绘银河系的旋涡结构。

*1952 年:巴德校正了哈勃的周光关系,使测得的河外星系距离加大一倍。

*1954 年:英国的布莱恩根据赖尔的思路建成第一台综合孔径射电望远镜。

*1957 年:前苏联发射第一颗人造卫星。

*1959 年:前苏联发射月球火箭"月球 3 号",拍摄了月球背面照片。

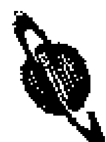
*1959 年:美国的范艾伦发现地球辐射带。

*1961 年:前苏联宇航员加加林首次进入太空。

*1962 年:美国发现第一个太阳系以外的 X 辐射源。

*1963 年:荷兰的 M·施米特等在美国发现类星体。

*1963 年:美国用射电方法发现星际羟基分子(OH),以后又发现了更多星际有机分子。



*1963年:美国阿雷西博射电天文台建成孔径305米的固定球面射电望远镜。

*1965年:美国的彭齐亚斯和威尔逊发现3K微波背景辐射。

*1966年:前苏联发射"月球9号",首次在月面软着陆送回全景照片。

*1967年:英国的休伊什和贝尔发现脉冲星。

*1967年:加拿大和美国建成甚长基线干涉仪。

*1968年:美国发射"阿波罗8号",首次载人环绕月球飞行成功。

*1968年:美国的戈尔德提出射电脉冲星的本质是高速自转的中子星。

*1969年:美国发射"阿波罗11号"载人宇宙飞船,宇航员阿姆斯特朗和奥尔德林首次登上月球。

*1969年:美国发现第一个星际有机分子甲醛。

*1970年:前苏联发射"金星7号",首次(12月15日)在金星表面软着陆,测定金星气温、气压等。

*1970年:中国成功发射第一颗人造地球卫星"东方红1号"。

*1971年:前苏联发射第一个载人轨道空间站"礼炮1号"。

*1972年:美国发射第一个太阳系外围空间探测器"先驱者10号"。

*1973年:美国根据人造地球卫星"维拉"探测的资料,发现宇宙γ射线爆发。

*1974年:英国赖尔和休伊什获得诺贝尔奖。

*1974年:美国天体物理学家泰勒和他的研究生赫尔斯发现

脉冲双星。

*1975年：前苏联发射行星探测器“金星9号”、“金星10号”，在金星表面软着陆，获得首批金星表面的照片。

*1976年：前苏联在高加索建成6米反射望远镜。

*1977年：中国、美国、印度、澳大利亚等国的天文台，在观测天王星掩恒星时，各自发现了天王星光环。

*1978年：泰勒等人观测短周期双星PSR1913+16的轨道周期变率，宣布证实广义相对论关于存在引力波的预言。

*1979年：美国发现双类星体。

*1980年：美国、英国天文学家从理论上发现100万亿年前宇宙大爆炸。

*1981年：中国首次用一枚运载火箭发射三颗卫星。

*1981年：美国建成世界最先进的巨型射电天文研究设施——“甚大天线阵”综合孔径射电望远镜。

*1982年：中国首次利用高空气球对太阳进行远红外探测获得成功。

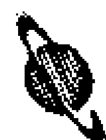
*1982年：美国巴克等人发现毫秒脉冲星。

*1983年：钱德拉塞卡和福勒获得诺贝尔物理学奖。

*1983年：美国、荷兰、英国联合研制发射红外天文卫星（IRAS）。

*1984年：美国天文学家拍摄到了大麦哲伦云中超新星遗迹的X射线脉冲星的光学对应体，这是在河外星系探测到的第一个脉冲星光学对应体。

*1984年：2月8日，美国航天飞机“挑战者号”的两名宇航员先后在预定的时间里解开安全带，利用特制的喷气推进器，走出机舱在航天飞机四周行走了一个多小时。宇航员布鲁斯·麦坎



德利斯里走出航天飞机以后，以每小时28000千米的速度，成为第一个“人体地球卫星”。

⋆1985年：北京天文台在怀柔水库建成中国第一座水上太阳观测站。

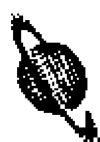
⋆1990年：美国将第一个太空望远镜“哈勃”送上太空。

⋆1991年，康普顿γ射线天文台由亚特兰蒂斯号航天飞机送入太空。

⋆1993年：泰勒和赫尔斯因在脉冲双星方面的研究获诺贝尔物理学奖。

⋆1999年：以印度天文学家钱德拉塞卡的名字命名的大型X射线天文台“钱德拉X射线天文台”，于1999年7月23日，从由首位女指令长艾琳·柯林斯驾驶的哥伦比亚航天飞机中被释放到太空。





附录二　因在天体物理学方面取得突出成就而获诺贝尔奖的科学家

(据《诺贝尔物理学奖金获得者》、《诺贝尔获 奖者辞典》整理)

汉斯·奥尔布雷克特·贝特，美国籍德国人，因“在核反应理论的贡献，特别是发现关于恒星能量产生方面的理论”而获得1967年诺贝尔物理学奖，时年61岁。贝特最大的成就是1938年提出了恒星内部发生的热核过程，正是这一过程提供恒星辐射的巨大能量。他还指出：恒星内部温度如超过太阳的温度，则碳循环可能占主要地位；如恒星内部温度与太阳相同或在10000000度左右较冷的恒星，则质子－质子链反应是主要热核反应。

汉内斯·奥洛夫戈斯塔·阿尔文，瑞典人，因“磁流体动力学方面的基础研究和发现，并在等离子体物理学中找到广泛的应用”而于1970年获奖，时年62岁。1937年他预言了星际磁场的存在。1942年，阿尔文在研究太阳的黑子时发现了太阳电离气体的磁流体波，即阿尔文波。由于他卓越的研究，他开拓了研究磁场中导电气体的磁流体动力学领域。无论在宇宙范围内，还是在地球上，这一新的物理学领域都具有巨大意义。

马丁·赖尔，英国，因在“射电天文学方面的先驱性研究，特别是孔径综合技术方面的创造与发展”而于1974年获奖，时年56岁。赖尔发明孔径综合法以后，人们可以利用由此获得的射电天文图解释发生在射电星系和类星体中的极高功率的辐射机制提供射电源的准确位置。

安东尼·休伊什，英国，因在“射电天文学方面的先驱性研

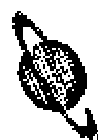
究，在发现脉冲星方面充当决定性角色”而于 1974 年获奖。1954 年，休伊什开始研究“星际闪烁”。这一研究导致他 1967 年发现脉冲星。他和他的同事们通过高分辨率射电望远镜发现，脉冲星信号源是振动着的中子星和超新星的爆炸物。他的研究使人们对于宇宙初始的大爆炸理论有了信心。

阿诺·阿伦·彭齐亚斯，美籍德国人，因“宇宙微波背景辐射的发现”而于 1978 年获奖，时年 55 岁。1965 年，他与威尔逊合作，在实验中发现充满宇宙的 3K 微波背景辐射。这一发现有重大理论价值，它支持了宇宙起源的大爆炸理论。此后，他致力于改进和制成精密射电望远镜，发现了大量星际分子。1973 年发现氘化分子 DCN，并能探测星际中氘的分布。所有这些有成效的成果，为宇宙起源提供了重要证据。

罗伯特·W·威尔逊，美国，因“宇宙微波背景辐射的发现”而于 1978 年获奖，时年 42 岁。除上述卓越的研究以外，他还从事微波固体器件、集成电路方面的研究，特别对通过毫米波测量星际分子以研究银河系中的暗云十分感兴趣。他和他的同事们的研究，证实了热宇宙模型，对现代宇宙学作出了重大贡献，极大地推动了宇宙学和高能天体物理学的研究。

苏布拉马尼扬·钱德拉塞卡，美籍印度人，因“对恒星结构和演化过程的研究，特别是因为对白矮星结构和变化的精确预言”而于 1983 年获奖，时年 73 岁。由于他的研究，导致黑洞的发现。

威廉·阿尔弗雷德·福勒，美国，“因为与核起源有关的核反应的实验和理论的研究，从而对宇宙空间元素形成理论作出的贡献”而于 1983 年获奖，时年 72 岁。早在 1926 年量子统计公式刚一提出，他就用以研究白矮星，得出许多重要推论，为量子力学的建立作出了贡献。1957 年，他与人合作发表了现在称之为“BF^2H”



理论，探讨重元素在恒星内部生成的理论。这一著名理论的贡献在于：1. 提出了恒星演化的合成过程；2. 恒星在赫罗图上的演化方向；3. 提出了恒星内部结构的客观基础；4. 阐明了超新星爆发是大质量恒星晚期演化的一种结局。

R·赫尔斯，美国，因发现脉冲双星从而检验引力辐射阻尼而于 1993 年获奖，时年 43 岁。

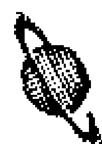
约瑟夫·H·泰勒，美国，因发现脉冲双星从而检验引力辐射阻尼而于 1993 年获奖，时年 52 岁。



人名英汉对照表

第一章

伽利略(Calileo)1564 - 1642
牛顿(Isaac Newton)1642 - 1729
海尔(George Ellery Hale)1868 - 1938
叶凯士(Charles Tyson Yerkes)1837 - 1905
施密特(Bernhard Voldomar Schmidt)1879 - 1935
马克苏托夫(Maksutov)
爱迪生(Thomas alva Edison)1847 - 1931
奥利弗·约瑟夫·洛奇(Oliver Joseph Lodge)1851 - 1940
央斯基(Karl Guthe Jasky)1905 - 1950
雷伯(Grote Reber)1911 -
海伊(J. Stanley Hey)
赖尔(Sir Martin Ryle)1918 - 1984
拉特克列夫(J. A. Ratcliffe)
威廉·赫歇尔(William Herschel)1738 - 1822
诺伊吉得尔(G. Neugebauer)
马尔茨(D. E. Martz)
莱顿(R. B. Leighton)
贝克林(E. E. Becklin)
克兰曼(D. E. Kleinman)
洛(F. J. Low)



克里斯蒂森(Wilbur Norman Christansen)
伦琴(Wilhem Kanrad Roentgen)1845 – 1923
布鲁诺·B·罗西(B. B. Rossi)

第二章

沃拉斯顿(William Hyde Wollaston)1706 – 1828
夫琅和费(Joseph Von Franhofer)1787 – 1826
基尔霍夫(Gustu Robert Kirchhoff)1824 – 1887
本生(Robert Wilrelm Bunsen)1811 – 1899
孔德(Anguste Comte)1798 – 1857
费佐(Armand. H. L. Fizean)1819 – 1896
傅科(Jean B. L. Foucault)1819 – 1868
爱丁顿(Arthur Stanley Eddington)1882 – 1944
魏茨泽克(Carl Friedrich Von Weizsacker)1912
贝特(Hans Albrecht Bethe)1906 –
赛曼(P. Zeeman)1865 – 1943
亚当斯(W. S. Adaras)1876 – 1956
李奥(Bernard Ferdinand Lyot)1897 – 1952
哈雷(Edmund Halley)1656 – 1742
勒维烈(Urdain Jean Joseph Leverrier)1811 – 1877
亚当斯(John Couch Adams)1819 – 1892
加勒(Johann Gottfried Galle)1812 – 1910
洛韦尔(Percival Lowell)1855 – 1916
皮克林(W. H. Pickering)1858 – 1938
汤博(C. W. Tombaugh)1906 – 1997



第三章

赫兹普龙(E. Hertzsprung)1873 - 1967
罗素(Henry Norris Russel)1877 - 1957
沃格尔(Herman Karl Vogel)1841 - 1907
当内尔(N. C. Duner)1839 - 1914
赛奇(A. Secchi)
洛基尔(N. Lockyer)
莫里(A. C. Maury)1866 - 1952
坎农(Annie Jump Cannon)1863 - 1914
奥斯特瓦尔德(W. Ostwald)
吉尔(D. Gill)
蒙克(W. H. S. Monck)
杨(C. A. Young)1834 - 1908
莱恩(Lane)
里特(A. Ritter)
欣克斯(A. Hinks)
贝塞尔(Friedrich Wilhelm Beseel)1748 - 1846
阿尔万·克拉克(Alvan Clark)1804 - 1887
阿尔万·格雷厄姆·克拉克(Alvan Graham Clark)1832 - 1897
弗德里克·奥古斯塔斯·波特·巴纳德(Frederick Augustas Porter Barnard)1809 - 1889
埃登姆(R. Emden)1862 - 1940
史瓦西(Karl Schwarzschild)1873 - 1916
泡利(Walfgang Pauli)1900 - 1958
钱德拉塞卡(Subrahmanyan Chadrasekhor)1910





第谷・布拉赫（Tycho Brahe）1546 – 1601
卢瑟福(Ernest Rutherfard)1871 – 1937
弗雷德里克・约里奥・居里(Frédéric Joliot)
伊伦・约里奥・居里(Irène Joliot – Curie)
查德威克(James. Chadwick)1891 – 1974
朗道(Lev Davidovick Landau)1908 – 1968
巴德(W. Baade)1893 – 1960
茨维基(Fritz Zwicky)1898 – 1974
奥本海默(J. R. Oppenheimer)1904 – 1967
休伊什(Antony Hewish)1924 –
贝尔(Jocelyn Bell)
罗斯伯爵（Lord Rosse)，原名威廉・帕森斯（William Parsons）1800 – 1867
哈勃(Edwin Powell Hubble)1889 – 1953
拉普拉斯(Pierre Simon Laplace)1749 – 1827
霍伊尔(Fred Hayele)1915
玛格丽特・伯比奇(Margaret Burbidge)
杰弗利・伯比奇(Geoffrey Burbidge)
福勒(Ralph Howard Fowler)1889 – 1944
梅西耶(Char les Messier)1730 – 1817

第四章

卡普坦(Jacobus Carnelis Kaptey)1851 – 1911
沙普利(H. Shapley)1885 – 1972
哥白尼(Nicolaus Copernicus)1473 – 1543
西尔斯(Frederik Seares)



贝勒(Solon Bailey)
古德里克(J. Goodrick)1764 - 1786
莱维特(H. S. Leavitt)
玛莎·贝茨(Matha Betz)
本杰明·玻斯(Benjamin Boss)
斯特隆堡(Gustaf Stromberg)
林德布拉德(Bertil Lindblad)1895 - 1965
特朗普勒(R. J. Trumrler)1895 - 1965
摩根(Herber Rollo Morgan)1875 - 1975
范德胡斯特(H. Vande Hulst)1918 -
阿姆巴楚米扬(Виктор Амазаспвич Амбаруумян)1908
哈雷(Edmund Halley)1656 - 1742
布拉德雷(James Bradley)1693 - 1762

第五章

莫泊丢(P. L. M. de Maupertuis)1698 - 1759
赖特(Thomas Wright)1711 - 1786
康德(Immanuch Kant)1724 - 1804
朗伯特(J. H. Lambert)
哈脱维格(E. Hartwig)
威里(Frank Washington Very)1852 - 1927
哈根斯 (Sir Silliam Huggins) 1824 - 1910
柯蒂斯(Heber Doust Curtis)1872 - 1942
范马南(A. Van Maanen)
皮克林(Edward Charles Pickring)1846 - 1919
密立根(Robert Andrews Millikan)1868 - 1953



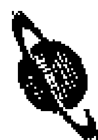
赫马森(M. L. Humason)1891 - 1972
布鲁根克特(P. Bruggencate)
闵可夫斯基(R. Mindowski)1895 - 1976
塞佛特(Carl K. Seyfert)1911 - 1960
巴特·博克(Bart Bok)

第六章

爱因斯坦(Albert Einstein)1879 - 1955
德西特
科延姆(E. T. Cottingham)
戴森(F. W. Dyson)
费里德曼(A. Friedman)
勒梅特(Georges Lemaitre)1894 - 1966
伽莫夫(George Gamow)1904 - 1968
邦迪(H. Bondi)
狄拉克(Paul Adrien Maurice Dirac)1902 -
安德逊(Carl David Anderson)1905 -
塞格雷(E. G. Segre)1905 -
伏打(Alessandro Volta)1745 - 1827
费米(Enrico Fermi)1901 - 1954
张伯伦(O. Chamberlain)1920 -
约瑟夫·韦伯(Joseph Weber)

第七章

多普勒(Christian Johann Doppler)1803 - 1853
马修斯(T. Matthews)



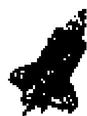
桑德奇(A. R. Sandage)
哈泽德(Cyril Hazard)
施米特(Maaten Schmidt)1929 –
彭齐亚斯(Arno Penzias)1933 –
威尔逊(Robert Woodr Wilson)1936
伯克(B. Burke)
皮布尔斯(P. J. E. Peebles)
史蒂文·温伯格(Steven Weinberg)1933 –
迪克(R. H. Dike)
施泰林(D. H. Staelin)
赖芬斯坦(E. C. Reifenstein)
奥托·斯特鲁维(Otto Struve)
什克洛夫斯基 (И. С. Щкловский, 英文名: Losif Samuilovich Shklovskii)
戈尔德(Thomas Gold)
泰勒(Joseph H. Taylor)1941 –
赫尔斯(Russell Alan Hulse)1950 –

第八章

斯基帕雷利(G. Schiaparolli)1835 – 1910
惠更斯(Christian Huyges)1629 – 1695
卡西尼(G. D. Cassini)1625 – 1712
皮亚齐(Giuseppe Piazzi)1746 – 1826,

第九章

尼尔·阿姆斯特朗(Neil Armstrong)1931 –



 参考书目及网站

1.《世界天文学史》，崔振华 陈丹著，吉林教育出版社 1993 年 1 月第一版

2.《天文学史》，宣焕灿编，高等教育出版社 1992 年 10 月第一版

3.《世界著名科学家传记·天文学家》，席泽宗主编，科学出版社 1994 年 4 月第一版

4.《诺贝尔物理学奖金获得者》，吴芝兰 郑钦贵编译，福建教育出版社 1983 年 4 月第一版

5.《诺贝尔奖获奖者辞典》(1901－1991)，杨建邺 朱新民主编，湖南科学技术出版社 1994 年 9 月第一版

6.《北京天文馆文集》(1957－1997)，崔振华主编，北京科学技术出版社 1997 年 6 月第一版

7.《阿波罗登月》，(美) 格雷戈里·肯尼迪著，杨寅辉 陈蓬译，世界知识出版社 1998 年 1 月第一版

8.《空间探索的先驱者》，(美)格雷戈里·肯尼迪著，李锋译，世界知识出版社 1998 年 1 月第一版

9.《时间简史》，(英)斯蒂芬·霍金著，许明贤 吴忠超译，湖南科学技术出版社

10.《宇宙之海的涟漪》，(澳)大卫·布莱尔 杰夫·麦克纳玛拉著，王月瑞译，江西教育出版社 1999 年 10 月第一版

11.《宇宙飞弹》，(澳)罗杰·柯莱 布鲁斯·道森著，车宝印译，江西教育出版社 1999 年 10 月第一版

12.《宇宙》，(美)卡尔·萨根著，周秋麟 吴依俤译，李元校，



吉林人民出版社 1998 年 10 月第一版

13.《银河系》,(美)肯・克罗斯韦尔著,黄磷译,海南出版社三环出版社 1999 年 10 月第一版

14.《推销银河系的人》,(美)戴维・H・利维著,何妙福译,上海科技教育出版社 1999 年 9 月第一版

15.《21 世纪初科学发展趋势》,21 世纪初科学发展趋势课题组编写,科学出版社 1996 年 6 月第一版

16.《文化模式》,露丝・本尼迪克特著,王炜等译,生活・读书・新知三联书店 1988 年 5 月第一版

17.《新闻与正义》,(美)沃尔特・李普曼 詹姆斯・赖斯顿等著,展江主译评,海南出版社 1998 年 3 月第一版

18.《Sharing the Universe:Perspectives on Extraterrestrial Life》, Seth Shostak,Berkeley Hills Books (January 1998)

http://www.nasa.gov/

http://www.nobel.se/

http://www.jpl.nasa.gov/

http://www.bell-labs.com/

http://www.abcnews.go.com/

http://www.nssc.co.uk/

http://www.sciencefriday.com/

http://www.intastun.org/

http://www.develop.larc.nasa.gov/

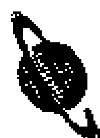
http://www.treasure-troves.com/

http://astrosun.tn.cornell.edu/courses/astro201/ghrdiaram.htm

http://www.astro.ku.dk/~michael/draw7.html

http://www.rspac.ivv.nasa.gov/





http: //delcano. mit. edu/

http: //www. activemind. com/Mysterious/Topics/SETI/index. html

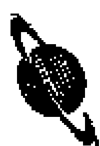
http: //www. seti - inst. edu/

http: //www. seti. org/

http: //www. ast. cam. ac. uk/

http: //setiathome. ssl. berkeley. edu/

http: //info. gb. nrao. edu/ ~ fghigo/htdocs/fgdocs/reber/greber-pix. html#pic2



后　　记

为这本书划上最后一个句号之后，有好长一段时间我都没再去翻过那厚厚一迭书稿。从去年深秋到今年的初春，五个月的时间一直纠缠在星星的世界，真的感觉有些累了。直到有一天，责任编辑徐飞先生说可以把后记部分发送给他了的时候，我才意识到，几个月的工作终于到了作一个总结性发言的时候了。

的确应该再写点儿什么，至少为了这么个理由：第一次做这么长的文章。

大学毕业以后干了五年科学记者，而在此之前，我所有关于天文学的知识除了小学时的自然课和大学时的科学技术知识课之外，就全部来自长久以来对天空的兴趣。这也就决定了我在随后的写作过程中，采用一种更为随意轻松、近乎讲故事的方式。因为既然是与同我一样的天文爱好者交流，我想我也就完全没有必要板着面孔。同时，这也是出于通俗性的考虑。当然，这样的想法能否达到预期的目的，还要等读者看过以后才知道。

借此机会，我愿感谢在本书写作过程中曾给我帮助与支持的人，他们是：天文学家、科普作家卞德培先生，清华大学人文社会科学学院科学技术与社会研究所刘兵教授，北京天文馆陈丹先生，北京科技报社王良良先生。

同时，我还要感谢读者能耐着性子将这个长长的故事读完，因为有了读者的阅读，这本书才有了存在的价值。

本书是一个天文爱好者写给对天文学感兴趣的读者的普及性读物，其中包含有一些个性化的论述，由于作者水平所限，书中

难免会有论述不当之处，还望专家和读者批评指正。

吴　燕

（wooyan@ yeah. net）

2000 年 4 月 9 日 · 北京

［Ｇｅｎｅｒａｌ　Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ］
书名＝２０世纪重大发现与发明：天文卷
作者＝
页数＝２６８
ＳＳ号＝１０３９６９６４
出版日期＝